ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು

ರಜತ ವರ್ಷದ ಪ್ರಕಟನೆ

೧೯೭೫

ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ
ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯ
ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡ

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಗ್ರಂಥಗಳು

1. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪರಿಚಯ
2. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ (ಪಿ. ಯು. ಸಿ. 1)
3. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ (ಪಿ. ಯು. ಸಿ. 1)
4. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ–2 (ಪಿ. ಯು. ಸಿ. 2)
5. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರವೇಶ
6. ಲೇಸರ್
7. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು

ಬೆಳ್ಳಿ ಹಬ್ಬದ ಪ್ರಕಟನೆ-೬

ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ಪ್ರಕಟನೆ-೯೭

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು

(A Supplementary Book in Physics)

ಪ್ರಧಾನ ಸಂಪಾದಕರು :

ಡಾ. ಎಂ. ಎಸ್. ಸುಂಕಾಪುರ

★

ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿ

ಡಾ. ಎಂ. ಆಯ್. ಸವದತ್ತಿ (ಅಧ್ಯಕ್ಷರು)

ಪ್ರೊ. ಆರ್. ಎಸ್. ಭೂಸನೂರಮಠ

ಪ್ರೊ. (ಶ್ರೀಮತಿ) ಚೂಡಾರತ್ನ ಶಿಗಡಿ

ಪ್ರಿ. ಎನ್. ಸಿ. ಚರಂತಿಮಠ

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು

(A Supplementary Book in Physics)

ಲೇಖಕರು :

ಡಾ. ವಿ. ಎಂ. ಕೋರವಾರ

ಪ್ರೊ. ಡಿ. ಆರ್. ಬಳೂರಗಿ

ಶ್ರೀ. ಎಸ್. ನರಸಿಂಗರಾವ

ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯ

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡ

INSTITUTE OF KANNADA STUDIES
TEXT BOOK DIRECTORATE
KARNATAK UNIVERSITY, DHARWAR

Dr. M. S. Sunkapur, M. A., Ph. D.
Chief Editor

Vegotkarshakagalu - a Supplementary book on Accelerators (Physics) by Dr. V. M. Korwar, Prof. D. R. Balurgi, Shri S. Narasingarao (Publication of the Text Book Directorate of the Institute of Kannada Studies) Published by the Registrar, Karnatak University, Dharwar, (1975).

Published under the Centrally Sponsored Scheme for the Production of Books and Literature in Regional Languages at the University Level, Government of India, Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Prof. S. M. Vrushabhendra Swamy, M. A.
Director, Text Book Directorate

Publisher: Shri S. S. Wodeyar, M. A., LL. B.
Registrar, Karnatak University, Dharwar.

Price: Ordinary : Rs. 12-00
Half Calico : Rs. 15-00

First Edition : 1975 Copies : 1000

Printers : M/s. Mahantesh Printing Press, Dharwar.

ಹಾರೈಕೆ

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ಕರ್ನಾಟಕದ ಸರ್ವಾಂಗೀಣ ಪ್ರಗತಿಗಾಗಿ ದುಡಿಯುತ್ತಿದೆ. ವಿವಿಧ ವಿಜ್ಞಾನ, ಮಾನವಿಕ ಶಾಸ್ತ್ರ, ಭಾಷೆ, ಧರ್ಮ, ಸಂಸ್ಕೃತಿ. ಸಾಹಿತ್ಯ ಮುಂತಾದ ಎಲ್ಲ ಜ್ಞಾನಶಾಖೆಗಳಿಗೂ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ನೀಡಿ, ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ನಿಜವಾದ ಅರ್ಥದಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯೆಯ ಆಲಯವೇ ಆಗಿದೆ. ಇನ್ನೂ, ಹೆಚ್ಚಿನ ಗುರಿಯನ್ನಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮುನ್ನಡೆಯುತ್ತಿದೆ. ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವ ವಿದ್ಯಾಲಯ ಬೆಳ್ಳಿಹಬ್ಬವನ್ನಾಚರಿಸುತ್ತಿರುವ ಈ ಶುಭ ವರ್ಷ ನಮ್ಮ ಹಿಂದಿನ ಸಾಧನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಮುಂದಿನ ಗುರಿಯತ್ತ ನಡೆಯಲು ಸ್ಫೂರ್ತಿ ನೀಡುತ್ತಿದೆ.

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ ವಿವಿಧ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿ ತನ್ನ ಪಾಲಿನ ಕರ್ತವ್ಯವನ್ನು ಮಾಡುತ್ತ ಬಂದಿರುವದು ಸಂತಸದ ವಿಷಯ. ಇಲ್ಲಿ ಸಂಶೋಧನೆ. ಸಂಪಾದನೆ, ಅನುವಾದ, ಪಠ ಹಾಗೂ ಪಠ್ಯೇತರ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಭಿನ್ನ ಭಿನ್ನ ಶಾಖೆಗಳು ಭರದಿಂದ ಕಾರ್ಯ ನಿರತವಾಗಿವೆ. ಹಲವಾರು ಉಪಯುಕ್ತ ಕೃತಿಗಳಿಂದ ಕನ್ನಡದ ಕಣಜವನ್ನು ತುಂಬಿವೆ.

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯ ವಿಭಾಗವು ಕೇಂದ್ರ ಹಾಗೂ ರಾಜ್ಯಸರ-ಕಾರಗಳ ಯೋಜನೆಯ ಅಂಗವಾಗಿ ಅಸ್ತಿತ್ವಕ್ಕೆ ಬಂದು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ, ವಿಜ್ಞಾನ, ಕಲೆ, ಮಾನವಿಕ ವಿಜ್ಞಾನ, ಕಾಯ್ದೆ, ಇಂಜಿನೀಯರಿಂಗ, ಶಿಕ್ಷಣ, ವೈದ್ಯಕೀಯ ಮೊದಲಾದ ವಿವಿಧ ಶಾಖೆಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಪದವಿ ಹಾಗೂ ಸ್ನಾತ-ಕೋತ್ತರ ವರ್ಗಗಳಿಗೆ ಆವಶ್ಯಕವಾದ ಪಠ್ಯ ಹಾಗು ಪೂರಕ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಕುರಿತ ನೂರಾರು ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿರುವದು ಹೆಮ್ಮೆಯ ಸಂಗತಿ. ಕನ್ನಡವನ್ನು ವಿವಿಧ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ, ಕಾಲೇಜು ಹಾಗೂ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯಗಳಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಣ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮ-ವನ್ನು ಹಮ್ಮಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಆಧುನಿಕ ಜ್ಞಾನಸಮಸ್ತವನ್ನು ಕನ್ನಡಿಗರಿಗೆ ನೀಡುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯವು ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ,

ಪೂರಕ ಗ್ರಂಥ, ಜನಪ್ರಿಯ ಪುಸ್ತಕ, ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಕೋಶಗಳೊಡನೆ, ಅನುವಾದ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನೂ ಈಗಾಗಲೇ ಪ್ರಕಟಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಹಾಗೂ ಕಾಲೇಜುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರತರಾಗಿರುವ ಅನುಭವಿಕ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು ಹಾಗೂ ಇತರ ತಜ್ಞರು ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಈ ಪ್ರಕಟನೆಗಳು ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಿಗೂ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೂ ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೂ ಬಹು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಗ್ರಂಥಗಳಾಗಿವೆ. ತಾಯ್ನುಡಿಯಲ್ಲಿಯೇ ವಿವಿಧ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು, ಬೋಧಿಸಲು ಮತ್ತು ಬರೆಯಲು ಈ ಕೃತಿಗಳು ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕವಾಗಿ ಸ್ಫೂರ್ತಿ ನೀಡುತ್ತಿವೆ. ಜನತೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯಾಪ್ರಸಾರ ಮಾಡುವ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಗುರಿ ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಸಲ್ಲುತ್ತಿರುವದು, ತನ್ಮೂಲಕ ಜನತೆಯ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಬೆಳೆಸಿಕೊಂಡು, ಶ್ರೀ ಸಾಮಾನ್ಯರ ಋಣವನ್ನೂ ತೀರಿಸುತ್ತಿರುವದು ಅಭಿಮಾನದ ಸಂಗತಿ. ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನಪೀಠ ತನ್ನ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ಮೂಲಕ ಈ ಪುಣ್ಯ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಅವ್ಯಾಹತವಾಗಿ ನೆರವೇರಿಸಲೆಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇವೆ. ಕನ್ನಡವನ್ನು ಸಂಪದ್ಭರಿತವಾಗಿಸುವ ಈ ಪ್ರೀತಿಯ ಕಾಯಕದಲ್ಲಿ ನಿರತರಾದವರೆಲ್ಲ ಅಭಿನಂದನಾರ್ಹರು. ಅವರ ಸೇವೆ ಅವ್ಯಾಹತವಾಗಿ ನಡೆಯಲೆಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇವೆ.

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಧಾರವಾಡ

ಆರ್. ಸಿ. ಹಿರೇಮಠ
ಕುಲಪತಿಗಳು

ಮುನ್ನುಡಿ

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠ, ಕನ್ನಡಿಗರ ಆಶೋತ್ತರಗಳನ್ನು ನೆರವೇರಿಸುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ನಿರತವಾಗಿದೆ. ಬೋಧನೆ, ಸಂಶೋಧನೆ ಹಾಗೂ ಪ್ರಕಟನೆ ಈ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಮೂರು ಕಣ್ಣುಗಳು. ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ ಕೀರ್ತಿ ಈ ಅಧ್ಯಯನಪೀಠಕ್ಕಿದೆ. ವಚನವಾಙ್ಮಯ, ಜೈನ ಹಾಗೂ ವೈಷ್ಣವ ಸಾಹಿತ್ಯ, ಜನಪದ ಹಾಗೂ ಭಾಷಾ ಶಾಸ್ತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಅಧ್ಯಯನ ಹಾಗೂ ಅಧ್ಯಾಪನದ ಜೊತೆಗೆ, ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲು ನೆರವಾಗುವ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಬರೆಯಿಸಿ, ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಮೀಸಲಾಗಿರುವ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯ ಈಗಾಗಲೇ ನೂರಾರು ಕೃತಿಗಳನ್ನು ನೀಡಿ ವಿಕ್ರಮ ಸಾಧಿಸಿದೆ. ವಿವಿಧ ಕಾಲೇಜುಗಳ ಹಾಗೂ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರು ಮತ್ತು ಇತರ ತಜ್ಞರು ಈ ಕೃತಿಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ವಿಭಾಗವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ, ಪೂರಕ ಗ್ರಂಥ ಹಾಗೂ ಜನಪ್ರಿಯ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಹಮ್ಮಿಕೊಂಡಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಉಪಕ್ರಮಗಳಿಂದ ಕನ್ನಡ ವಾಙ್ಮಯ ಆಧುನಿಕ ಜ್ಞಾನವಾಹಿನಿಯಾಗು-ವುದರಲ್ಲಿ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ. ಪ್ರೌಢ ವ್ಯಾಸಂಗ, ಹಾಗೂ ಸಂಶೋಧನೆಯ ಪರಿಣಾ-ಮಗಳನ್ನು ಕನ್ನಡ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ತಾಯ್ನುಡಿಯಲ್ಲಿ ನೀಡಲು, ಆಧುನಿಕ ಜ್ಞಾನವನ್ನು ಜನಸಾಮಾನ್ಯರತ್ತ ಹರಿಸಲು ನೆರವಾಗುತ್ತಿದೆ. ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಯೇ ಶಿಕ್ಷಣ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗಿ, ಕನ್ನಡವೇ ಆಡಳಿತ ಭಾಷೆಯಾಗಿ, ನ್ಯಾಯಾಲಯಗಳ ಭಾಷೆ-ಯಾಗಿ ಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವ ಈ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ಈ ಕಾರ್ಯ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಸೇವೆಯಾಗಿದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯ ಇನ್ನೂ ಭರದಿಂದ ಸಾಗಲೆಂದು ಆಶಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಎಂ. ಎಸ್. ಸುಂಕಾಪುರ
ನಿರ್ದೇಶಕರು, ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನಪೀಠ

ಪೀಠಿಕೆ

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯವು ಹಮ್ಮಿಕೊಂಡಿರುವ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಪ್ರಕಟನೆಯ ಕಾರ್ಯವು ಕ್ರಮೇಣ ಜನಪ್ರಿಯವಾಗುತ್ತಿರುವುದು ಸಂತಸದ ಸಂಗತಿ. ಕಾಲೇಜು ಶಿಕ್ಷಣದ ಎಲ್ಲ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡವೇ ಶಿಕ್ಷಣ ಮಾಧ್ಯಮವಾಗುವ ಕಾಲ ಬಹು ದೂರವಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಎಲ್ಲರೂ ಒಮ್ಮನಸ್ಸಿನಿಂದ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತರಾಗಬೇಕಾಗಿದೆ. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆದು ಬಂದ ದಾರಿಗಿಂತ ನಡೆಯಬೇಕಾದ ದಾರಿಯೇ ನಿಡಿದಾಗಿದೆ. ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕದ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ಎಲ್ಲ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ನೀಡುತ್ತಿರುವ ಕುಲಪತಿಗಳೂ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯ ಸಂಯೋಜಕ ಸಮಿತಿಯ ಅಧ್ಯಕ್ಷರೂ ಆಗಿರುವ ಡಾ॥ ಆರ್. ಸಿ. ಹಿರೇಮಠ ಅವರಿಗೂ, ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ ನೀಡುತ್ತಿರುವ ಕಾರ್ಯಸಂಯೋಜಕ ಸಮಿತಿ **(Co-ordination Committee)** ಯ ಸದಸ್ಯರಾದ ಶ್ರೀ ಪಾಟೀಲ ಪುಟ್ಟಪ್ಪ, ಪ್ರಿ. ಎಸ್. ಎಸ್. ಬೊಮ್ಮಣ್ಣವರ, ಡಾ॥ ಸಿ. ಸಿ. ಪಟ್ಟಣಶೆಟ್ಟಿ, ಪ್ರಿ. ಡಿ. ಮರಿಯಪ್ಪ, ಡಾ. ರಾ. ಯ. ಧಾರವಾಡಕರ, ಶ್ರೀ ಸಿ. ಎಸ್. ಕಣವಿ, ಡಾ. ಹಾ. ಮಾ. ನಾಯಕ, ಶ್ರೀ ಕೆ. ಸಿ. ಶಿವಪ್ಪ ಮತ್ತು ಕುಲಸಚಿವರು ಇವರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು. ವಿವಿಧ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ರಚನೆಯ ಹೊಣೆ ಹೊತ್ತ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿಯವರಿಗೂ, ಗ್ರಂಥಕರ್ತರಿಗೂ, ವಿಶ್ವ-ವಿದ್ಯಾಲಯದ ಪ್ರಕಟನ ವಿಭಾಗದವರಿಗೂ ನಮ್ಮ ವಂದನೆಗಳು. ಕುಲಸಚಿವ ಶ್ರೀ ಸದಾಶಿವ ಒಡೆಯರ ಅವರ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ಮತ್ತು ಸಕ್ರಿಯ ಸಹಕಾರ-ವನ್ನು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಸ್ಮರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ.

"ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು" ಎಂಬ ಗ್ರಂಥವು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಷಯಕ ಪೂರಕ ಗ್ರಂಥವಾಗಿದೆ. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ಸಮಗ್ರ ವಿವೇಚನೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕ ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ರೀಡರ್ ಆಗಿರುವ ಡಾ. ವಿ. ಎಂ. ಕೋರವಾರ, ರಾಯಚೂರಿನ ಎಲ್. ವಿ. ಡಿ. ಕಾಲೇಜಿನಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಾದ ಪ್ರೊ. ಡಿ. ಆರ್. ಬಳೂರಗಿ, ಮತ್ತು ರಾಯಚೂರಿನ ಟ್ಯಾಗೋರ್ ಸ್ಮಾರಕ ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಕರಾಗಿರುವ

ಶ್ರೀ ಎಸ್. ನರಸಿಂಗ್‌ರಾವ್ ಇವರು ಈ ಗ್ರಂಥದ ಲೇಖಕರು. ಇವರು ಸುಲಭ ಶೈಲಿಯಲ್ಲಿ ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೂ ತಿಳಿಯುವಂತೆ ಪರಿಶ್ರಮವಹಿಸಿ ಈ ಕೃತಿಯನ್ನು ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿಯು ಇದರ ಹಸ್ತಪ್ರತಿಯನ್ನು ಆಮೂಲಾಗ್ರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿ ಸಲಹೆ-ಸೂಚನೆಗಳನ್ನಿತ್ತು ಪೂರಕ ಗ್ರಂಥವೆಂದು ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಶಿಫಾರಸು ಮಾಡಿದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಸಂಪಾದಕ ಸಮಿತಿಯ ಅಧ್ಯಕ್ಷರು ಹಾಗೂ ಸದಸ್ಯರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು.

ಭಾರತ ಸರಕಾರದ ಶಿಕ್ಷಣ ಮತ್ತು ಸಮಾಜ ಕಲ್ಯಾಣ ವಿಭಾಗವು ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಮಟ್ಟದ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಯೋಜನೆಗನುಗುಣವಾಗಿ ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಕನ್ನಡ ಅಧ್ಯಯನ ಪೀಠದ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯವು ಈ ಗ್ರಂಥವನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದೆ.

ಈ ಗ್ರಂಥದ ಕರಡಚ್ಚುಗಳನ್ನು ತಿದ್ದಲು ನೆರವಾದ ಡಾ. ವಿ. ಎಂ. ಕೋರವಾರ ಅವರಿಗೂ, ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯದ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗದ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಕ ಅಧ್ಯಾಪಕರಾದ ಪ್ರೊ. ದೇವೇಂದ್ರಕುಮಾರ ಹಕಾರಿಯವರಿಗೂ ಹಾಗೂ ಸಂಶೋಧನ ಸಹಾಯಕರಾದ ಶ್ರೀ ಎಮ್. ಆಯ್. ಅರಳಗುಪ್ಪಿಯವರಿಗೂ ನಮ್ಮ ವಂದನೆಗಳು. ಸುಂದರವಾದ ಮುಖಪುಟವನ್ನು ಒದಗಿಸಿದ ಕಲಾಕಾರ ಶ್ರೀ ಜಿ.ಕೆ. ಮೂರ್ತಿ ಹಾಗೂ ಮುದ್ರಣವನ್ನು ನಿಷ್ಠೆಯಿಂದ ನೆರವೇರಿಸಿದ ಧಾರವಾಡದ ಮಹಾಂತೇಶ ಪ್ರೆಸ್ಸಿನ ಮಾಲಕರ ಹಾಗೂ ಕೆಲಸಗಾರರ ಸೇವೆಯನ್ನೂ ಸ್ಮರಿಸುತ್ತೇನೆ.

ಎಸ್. ಎಂ. ವೃಷಭೇಂದ್ರಸ್ವಾಮಿ
ನಿರ್ದೇಶಕರು

ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ನಿರ್ದೇಶನಾಲಯ
ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಧಾರವಾಡ
1-4-1975

ಪರಿವಿಡಿ

I ಪೀಠಿಕೆ

ಕಳೆದ ಹತ್ತೊಂಭತ್ತು ಶತಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಿಸಿದ್ದಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ದೂರವನ್ನು, ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವು ಈ ಶತಮಾನದ ಆರಂಭದ ಕೆಲ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಿಸಿದೆ. ಇಲ್ಲಿಯ ವರೆಗೆ ದೃಢವೆಂದು ನಂಬಲಾಗಿದ್ದ ಅನೇಕ ನಂಬಿಕೆಗಳೂ, ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಸುಳ್ಳಾಗಿವೆ. ಕೆಲ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪ ತಿದ್ದುಪಡಿ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದ ಸಂದರ್ಭವೊದಗಿದ್ದರೆ, ಇನ್ನು ಕೆಲವು ಸಂಪೂರ್ಣ ಬುಡ ಮೇಲಾಗಿ ಹೋದವು. ಅನೇಕ ಶತಮಾನಗಳ ವರೆಗೆ ಅವಿಭಾಜ್ಯ ಹಾಗೂ ರಚನಾರಹಿತವೆಂದು ನಂಬಲಾಗಿದ್ದ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಈ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ವಿಭಜಿಸಿ ತೋರಿಸಲಾಯಿತಲ್ಲದೆ, ಅದಕ್ಕೊಂದು ರಚನೆಯಿರುವದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಯಿತು.

ಹತ್ತೊಂಭತ್ತನೆಯ ಶತಮಾನದ ಕೊನೆಯ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ, ವಿಕರಣಶೀಲತೆ ಮತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಅಸ್ತಿತ್ವ ಈ ಮೂರು ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ಪರಮಾಣುವಿನ ರಚನೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ವಿಚಾರ ಮಾಡುವಂತಾಯಿತು. 1896ರಲ್ಲಿ ಬೆಕ್ವೆರಲ್‌ನು ವಿಕಿರಣಶೀಲತೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದ ನಂತರ ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ವರೆಗೆ ಈ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಭರದಿಂದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದವು. ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳಿಂದ ಹೊರಬರುವ ವಿಕಿರಣವು ಅಲ್ಫಾ, ಬೀಟಾ ಹಾಗೂ ಗ್ಯಾಮ ಎಂಬ ಮೂರು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವಿಧವಾದ ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆಂಬ ನಿರ್ಧಾರಕ್ಕೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಬೆಂಬಲ ದೊರೆಯಿತು. ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸಿ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲವಸ್ತುವು, ಬೇರೊಂದು ಮೂಲ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುತ್ತಿರುವುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ಮೂಲ ವಸ್ತುವು ವಿಕಿರಣಶೀಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಆರಂಭದ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲ ವಸ್ತು ಅನೇಕ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುತ್ತ ಕೊನೆಗೆ ಒಂದು ಸ್ಥಿರ ಮೂಲವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಪರ್ಯವಸಾನ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ಬಗೆಯ ಪರಂಪರೆಯನ್ನು ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಸರಣಿ (Radioactive series) ಎಂದು ಕರೆಯು

ತ್ತಾರೆ. ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಆಳವಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನು ರುದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ನಡೆಸಿದನು. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ರುದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಮತ್ತು ಗೈಗರ್ ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳನ್ನು ಎಣಿಕೆ ಮಾಡುವದಕ್ಕಾಗಿ ಗಣಕವೊಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದರು. ಈ ಗಣಕದಿಂದ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. 1909 ಮತ್ತು 1910 ರ ಸುಮಾರಿಗೆ ರುದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಅವರ ಸಹಸಂಶೋಧಕರಾಗಿ ಕೆಲಸಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಗೈಗರ್ ಮತ್ತು ಮಾರ್ಸ್‌ಡೆನ್ ಅವರು ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗವು ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಅಡ್ಡವಾಗಿದ್ದ ಗೋಡೆಯನ್ನೇ ಭೇದಿಸಿತು. ಅವರು ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳು ಸ್ಫುರಣ ಪರದೆಯ ಮೇಲೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ, ಅವು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಮಿಣುಕುಗಳನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದವು. (ಒಂದು ವೇಳೆ) ಅವುಗಳ ಚಲನೆಗಡ್ಡವಾಗಿ ತೆಳುವಾದ ಲೋಹದ ತಗಡೊಂದನ್ನು ಇರಿಸಿದಾಗ, ಅಲ್ಫಾಕಣಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಚಲಿಸದೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಓರೆಯಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಕೆಲಕಿರಣಗಳು ತಮ್ಮ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲಿನ ದಿಕ್ಕಿಗೆ 90° ಕ್ಕಿಂತಲೂ ಅಧಿಕ ಕೋನವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಿ ಚಲಿಸಿದರೆ ಇನ್ನು ಕೆಲಕಿರಣಗಳು ತಾವು ಹೊರಟ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೇ ಹಿಂತಿರುಗಿ ಬರುತ್ತಿರುವದು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು "ಅಲ್ಫಾಕಣಗಳ ಚದುರುವಿಕೆ"ಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳು. ಅವು ಲೋಹದ ತಗಡಿನ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಬರುವಾಗ ಚದುರಬೇಕಾದರೆ ಲೋಹದ ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಧನವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಭಾಗವೊಂದಿರಬೇಕು ಮತ್ತು ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಭಾಗವೂ ಅದರಲ್ಲಿದ್ದು, ಪರಮಾಣುವಿನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳು ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಭಾಗವನ್ನು ದಾಟಿ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಭಾಗದ ಸಮೀಪ ಹೋದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ವಿಕರ್ಷಣ ಬಲದ ಕಾರಣದಿಂದ ಅವು ತಮ್ಮ ಮೂಲ ಪಥದಿಂದ ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟನೆ ಹೊಂದಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರಬೇಕೆಂದು ತರ್ಕಿಸಲಾಯಿತು. ಆದರೆ ಋಣವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣದ ವಿತರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ಯಾವ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ರುದರ್‌ಫರ್ಡನು ವಿವಿಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಚದುರುವ ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ

ಗಣಿತರೀತ್ಯಾ ನಿರ್ಧರಿಸಿದನು. ನಂತರದಲ್ಲಿ ರುದರ್‌ಫರ್ಡ ಮಂಡಿಸಿದ ಪರಮಾಣು ರಚನೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನೇ ಅಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಡಿಸಿ, ಡೆನ್ಮಾರ್ಕಿನ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಬೋರ್ ಅದಕ್ಕೊಂದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾದ ಚಿತ್ರಣವನ್ನೊದಗಿಸಿದನು. ಮಾರ್ಸ್‌ಡೆನ್ ಮಾಡಿದ ಇನ್ನೊಂದು ಪ್ರಯೋಗ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳು ಸಾರಜನಕ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದುಹೋಗುವಾಗ ಕೆಲವೊಂದು ಸಲ ಅವು ಸಾರಜನಕದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಬೇರೊಂದು ಕಣವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದುದನ್ನು ಅವನು ಗುರುತಿಸಿದನು. ಆದರೆ ಅದೇ ವೇಳೆಗೆ ಮೊದಲನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧವು ಪ್ರಾರಂಭವಾದ್ದರಿಂದ ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಅಷ್ಟಾಗಿ ಗಮನಿಸಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಯುದ್ಧ ಮುಗಿದ ಬಳಿಕ ರುದರ್‌ಫರ್ಡ ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪುನಃ ಪುನಃ ಮಾಡಿ ಅಲ್ಫಾ ಕಣವು ಸಾರಜನಕ ಪರ ಮಾಣುವನ್ನು ತಾಡಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಒಂದು ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸು ಹೊರಬರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಸಾರಜನಕ ಪರಮಾಣು ಆಕ್ಸಿಜನ್ನದ ಪರಮಾಣುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೈಡ್ರೊಜನ್‌ದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿಗೆ ಪ್ರೊಟಾನ್ ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ರುದರ್‌ಫರ್ಡನೇ ಕೊಟ್ಟನು. ಈ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನಂತೆ ಕೊಡಬಹುದು.

$$_{7}N^{14} + {}_{2}He^{4} \longrightarrow {}_{8}O^{17} + {}_{1}H^{1} \qquad ......(1{\cdot}1)$$

ನಂತರ ಚಾಡ್ವಿಕ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಎಂಬ ಇನ್ನೊಂದು ಮೂಲಕಣವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಅವನು ಅದರಿಂದ ಸುಮಾರು ಹನ್ನೆರಡು ಹಗುರಾದ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಪರಿವರ್ತಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದನು. ಭಾರವಾದ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆ ಅಲ್ಫಾಕಣ ಗಳಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಭಾರವಾದ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಪರ ಮಾಣುವಿನ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಮೇಲಿರುವ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವು ಅಧಿಕ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಲ್ಫಾ ಕಣವು ಇಂತಹ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಾಗ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಉಂಟಾಗುವ ವಿಕರ್ಷಣ ಬಲವು ಅಧಿಕವಾಗಿರುವದರಿಂದ, ಅಲ್ಫಾ ಕಣವು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ತಾಡಿಸದೇ ದೂರ ಸರಿದು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಅಲ್ಫಾ ಕಣದ ಗತಿಶಕ್ತಿಯು, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸು ಮತ್ತು ಅಲ್ಫಾ ಕಣ

ಇವೆರಡರ ನಡುವಿನ ವಿಕರ್ಷಣ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ, ಅದು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸಬಲ್ಲುದು. ಆದರೆ ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು, ಕೇವಲ ಹಗುರಾದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸು ಮತ್ತು ಅಲ್ಫಾ ಕಣ ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ವಿಕರ್ಷಣ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಮಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳಿಂದ ಹಗುರಾದ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಭಾರವಾದ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳನ್ನು, ಅಲ್ಫಾ ಕಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವದಕ್ಕಾಗಿ ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವದು ಅವಶ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕಾಗಿ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸಲು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಯತ್ನಿಸತೊಡಗಿದರು.

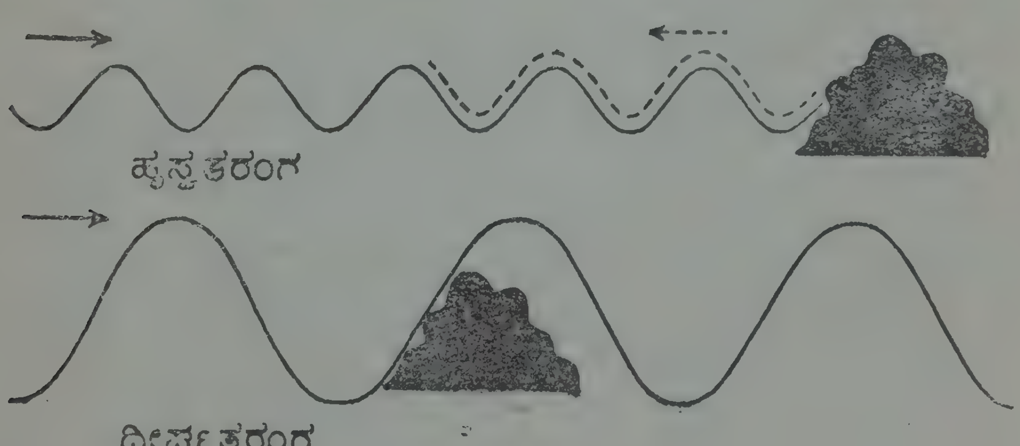
ವಸ್ತುವು ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆರಗಿದ ಬೆಳಕು ಚದುರಿ ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣುಗಳನ್ನು ಸೇರಬೇಕು. ಹೀಗೆ ವಿವಿಧ ಕೋನಗಳೊಂದಿಗೆ ಚದುರಿದ ಬೆಳಕು ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣುಗಳನ್ನು ಸೇರಿದಾಗ ನಮಗೆ ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ವರೂಪದ ಅರಿವಾಗುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಎರಡು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಮಂಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಒಂದು ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Wave theory) ಇನ್ನೊಂದು ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Quantum theory). ಮೊದಲಿನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಬೆಳಕು ತರಂಗಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಎರಡನೆಯ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಅದು ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ಶಕ್ತಿ ಘಟಕಗಳ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಘಟಕವನ್ನು 'ಕ್ವಾಂಟಂ' ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಎರಡು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳು ಆಯಾ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಸರಿಯೆಂದು ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ವ್ಯತಿಕರಣ, ವಿವರ್ತನೆಗಳಂತಹ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ತರಂಗ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸಮರ್ಥವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ದ್ಯುತಿವಿದ್ಯುತ್ಪರಿಣಾಮ, ಕಾಂಪ್ಟನ್ ಪರಿಣಾಮ, ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಬೇಕಾದರೆ ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತವೇ ಸಮರ್ಪಕವೆನಿಸುತ್ತದೆ. 1925ರ ಸುಮಾರಿಗೆ ಫ್ರಾನ್ಸಿನ ಡಿ. ಬ್ರೊಗ್ಲಿ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕಣಗಳ ದ್ವಂದ್ವ ಸ್ವರೂಪ (Dual nature) ವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕಣವು ಚಲಿಸುವಾಗ ಅದರ ಜೊತೆಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತರಂಗದೂರದ ತರಂಗವು ಸಹಯೋಗಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು.

m ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಕಣವು v ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅದರ ಸಹಯೋಗಿಯಾದ ತರಂಗದ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದನು.

$$\lambda = \frac{h}{mv} \qquad \ldots\ldots(1{\cdot}2)$$

ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಡಿ. ಬ್ರೊಗ್ಲಿ ಸಮೀಕರಣವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇದರಲ್ಲಿ λ ತರಂಗದೂರವಿದ್ದು, h ಪ್ಲಾಂಕನ ಸ್ಥಿರಾಂಕವಿರುತ್ತದೆ.

ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿ ಗೋಚರ ಭಾಗದ ತರಂಗದೂರವು 7000 A U. ಗಳಿಂದ 4000 A U. ಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. (1 A U. = 10^{-8} ಸೆಂ.ಮಿ.) 4000 A. U. ಗಳಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ತರಂಗದೂರದ ಬೆಳಕನ್ನು ನಾವು ನೋಡಲಾರೆವು. ಆದ್ದರಿಂದ ದೃಷ್ಟಿಗೋಚರ ಭಾಗದ ಬೆಳಕಿನಿಂದ ನೋಡಬಹುದಾದ ವಸ್ತುವು ಎಷ್ಟು ಚಿಕ್ಕದೆಂದರೂ, ಅದರ ಆಯಾಮ (Dimension) 4000 A U. ಗಳಿಗಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಮಾತ್ರ ಅದು ಬೆಳಕನ್ನು ಚದುರಿಸಲು ಸಮರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ವಸ್ತುವಿನ ಆಯಾಮ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರಕ್ಕಿಂತಲೂ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದರೆ, ಬೆಳಕು ಅದರಿಂದ ಚದುರಿ ಬರಲಾರದು. ಇದರ ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಣಕ್ಕೆ ಉದಾಹರಣೆಯೊಂದನ್ನು ಪರಿಗಣಿಸುವಾ. ಸಮುದ್ರದಲ್ಲೊಂದು ಬಂಡೆಗಲ್ಲಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಚಿತ್ರ (1) ನೋಡಿರಿ. ಕಡಿಮೆ



ಚಿತ್ರ 1

ತರಂಗದೂರದ ಅಲೆಗಳನ್ನು ಬಂಡೆಗಲ್ಲಿಗೆ ತಾಡಿಸಿ ನೋಡಿರಿ. ಕಡಿಮೆ ತರಂಗದೂರದ ಅಲೆಗಳು ಬಂಡೆಗಲ್ಲಿಗೆ ತಾಡಿಸಿ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಬೃಹದಾ

ಕಾರದ ಅಲೆಗಳು ಬಂಡೆಗಲ್ಲಿನ ಮೇಲ್ವಾಯ್ದು ಧಾವಿಸುತ್ತವೆ. ಇಂತಹದೇ ವಿದ್ಯಮಾನ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವು ನಮ್ಮ ದೃಷ್ಟಿಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆಗೊಂದು ಮಿತಿಯನ್ನು ಹಾಕಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳಂತಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ದೃಕ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ (Optical Microscope) ದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸುವದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಡಿ. ಬ್ರೊಗ್ಲಿಯ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಅನುಕೂಲವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಡಿ. ಬ್ರೊಗ್ಲಿ ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದ ಎರಡೇ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಡೇವ್ಹಿಸನ್ ಹಾಗೂ ಗೆರ್ಮರ್ ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸ್ಫಟಿಕಗಳಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಗಳನ್ನು ವಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸಿ ತೋರಿಸಿದರು. ಅಂದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ತರಂಗದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸಬಲ್ಲುದೆಂಬುದನ್ನು ಅವರು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ತೋರಿಸಿದರು. ಮತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಸಹಯೋಗಿಯಾದ ತರಂಗದ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ಕೂಡ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿದು, ಡಿ. ಬ್ರೊಗ್ಲಿ ಸಮೀಕರಣದ ಸತ್ಯತೆಯನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಿದರು.

ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು, ತರಂಗ–ಸ್ವಭಾವವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವುದರಿಂದ, ಅದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವನ್ನೇಕೆ ತಯಾರಿಸಬಾರದು ? ಎಂಬ ಯೋಚನೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ತಲೆಯಲ್ಲಿ ಸುಳಿದಾಡತೊಡಗಿತು. ಅದರ ಪ್ರತಿಫಲವಾಗಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಜನ್ಮತಾಳಿತು. ಡಿ. ಬ್ರೊಗ್ಲಿಯ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಿದಾಗ ಕಣದ ಸಹಯೋಗಿ ತರಂಗದ ತರಂಗದೂರವು, ಕಣದ ವೇಗಕ್ಕೆ ವಿಲೋಮಾನುಪಾತದಲ್ಲಿರುವದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕಣದ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ಸೂಕ್ತವಾದ ತರಂಗದೂರವನ್ನು ದೊರಕಿಸಬಹುದು. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ, ದೃಕ್‌ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದಂತೆ ಗೋಲಕಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಗೋಲಕಗಳ ಸ್ವರೂಪ ಮಾತ್ರ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಹಾಗೂ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳೇ ಇಲ್ಲಿಯ ಗೋಲಕಗಳು. ಎರಡು ಕಿಲೊ ವೋಲ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಸಹಯೋಗಿ ತರಂಗದ ತರಂಗದೂರ [0·3 A.U. (3×10^{-9} cm.)] ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ದೃಷ್ಟಿಗೋಚರ ಭಾಗದ ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗದೂರದ 10,000 ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆ. ಆದ್ದ

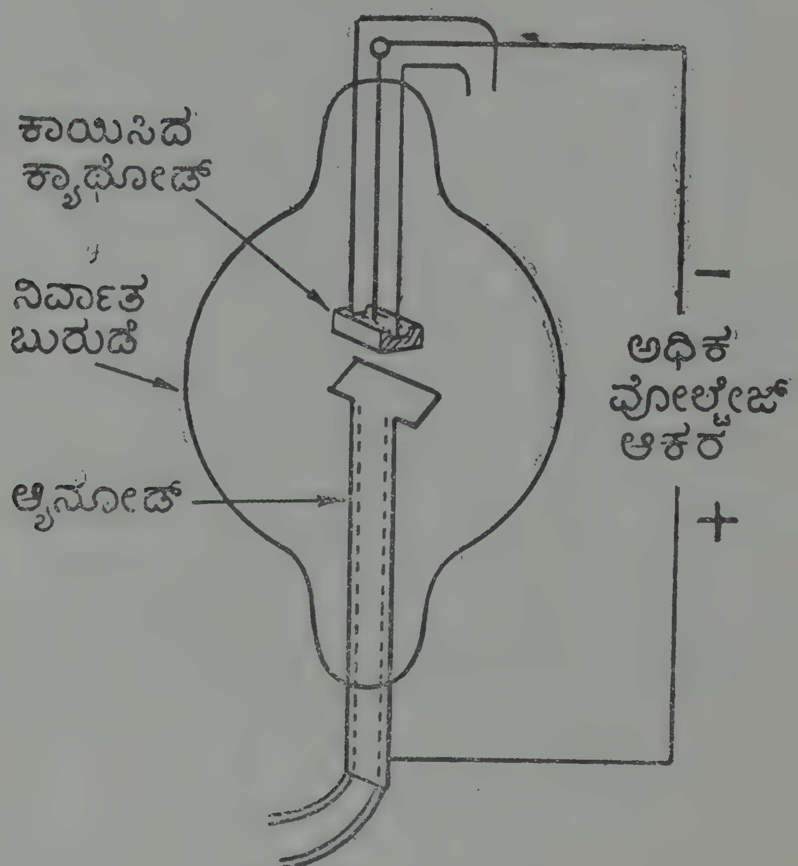
ರಿಂದ ನಾವು ಇಂತಹ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ, ಬೆಳಕಿನಿಂದ ನೋಡ ಬಹುದಾದ ವಸ್ತುವಿಗಿಂತ 10,000 ಪಟ್ಟು ಚಿಕ್ಕದಾದ ವಸ್ತುವನ್ನು ನೋಡ ಬಹುದು. (ಅಂದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕವು ದೃಕ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದ 10,000 ಪಟ್ಟು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ) ಇಲ್ಲಿ 'ನೋಡು' ಎಂಬ ಶಬ್ದಕ್ಕೆ ವ್ಯಾಪಕ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕೊಡಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ, ದೃಕ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ನೋಡಿದಂತೆ, ವಸ್ತುವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ದರ್ಶಕದಿಂದ ನೋಡಲಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಶಾಂತವಾದ ಸರೋವರದಲ್ಲಿ ನಾವೆ ಯೊಂದು ಚಲಿಸುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಅದು ಚಲಿಸುವಾಗ ಉಂಟಾದ ತೆರೆಗಳು ಸರೋವರದ ದಡವನ್ನು ತಲುಪುತ್ತವಷ್ಟೇ. ನಾವು ದಡದಲ್ಲಿದ್ದ ವ್ಯಕ್ತಿಗೆ ಕಾಣಿಸದಿದ್ದರೂ, ತೆರೆಗಳಿಂದ ನಾವೆಯ ಸ್ವರೂಪ, ವೇಗ ಮುಂತಾದ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಅಂದರೆ ನಾವೆಯನ್ನು ನೋಡಿ ದಂತೆಯೇ ಆಗಲಿಲ್ಲವೆ? ಇದೇ ರೀತಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ವಿಷಯವಾಗಿ ಸಮಸ್ತ ವಿವರಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ಅದರ ತರಂಗ ದೂರವನ್ನು ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವನ್ನು ವರ್ಧಿಸಬಲ್ಲ ಯಂತ್ರಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ಅವಶ್ಯವಾಯಿತು.

ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಪರಿವರ್ತನೆಗೋಸ್ಕರ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಗಳಲ್ಲಿ ಸುಧಾರಣೆಗಳಿಗಾಗಿ, ಅವುಗಳ ಒಂದು ಪರಂಪರೆಯೇ ಬೆಳೆದು ಬಂದಿತು. ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು ಪರಮಾಣು ಬಾಂಬಿನವರೆಗೆ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನ ಬೆಳೆ ಯಲು ಕಾರಣವಾದವು. ಅವುಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ, ಬೆಳವಣಿಗೆ ಮುಂತಾದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ವಿವರವಾಗಿ ಅಭ್ಯಸಿಸುವಾ.

• •

2 ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಯಂತ್ರ

ಕ್ರಿ. ಶ. 1895ರಲ್ಲಿ ರಾಂಟ್ಗೆನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ಷ-ಕಿರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದೊಂದು ಆಕಸ್ಮಿಕ ಅನ್ವೇಷಣೆ. ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವ ಉದ್ದೇಶದಿಂದ ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಯಂತ್ರದ ರಚನೆಯಾಗಿರದಿದ್ದರೂ ಕಣಗಳ ವೇಗ ವರ್ಧಿಸುವ ಮೂಲಭೂತ ತತ್ವವನ್ನು ಈ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಅರಿತುಕೊಳ್ಳಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸುವದಿಲ್ಲವಾದರೂ, ಇದಕ್ಕೆ ಐತಿಹಾಸಿಕ ಮಹತ್ವವಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಇದೊಂದು ಪ್ರಥಮ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಎಂದು ಹೇಳಿದರೂ ತಪ್ಪೇನಲ್ಲ.



ಚಿತ್ರ 2

ಚಿತ್ರ 2ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತಹ ಗಾಜಿನ ಬುರುಡೆಯೊಂದನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಲೋಹದ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರ

ಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವಾಗುವ ಕಣಗಳು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು. ಯಾವುದೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ಕಣವನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬೇಕಾದರೆ ಮೊದಲು ಕಣಗಳ ಆಕಾರವೊಂದರ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಉಂಟಷ್ಟೇ? ಕಣಗಳು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಆಗಿದ್ದ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸುವುದು ತೀರ ಸುಲಭ. ಲೋಹವೊಂದರ ತೆಳುವಾದ ತುಂಡಿನ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮೌಲ್ಯಕ್ಕೇರಿಸಿದಾಗ ಅದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ಲೋಹವು ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ನಿರಂತರ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಲೋಹದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ, ಅಂದರೆ, ಅದನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಅವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರ ಉಷ್ಣತೆ ಹೆಚ್ಚಿ ಅದು (ಉಷ್ಣತೆ) ನಿರ್ದಿಷ್ಟ 'ಮೌಲ್ಯ' ತಲುಪಿದಾಗ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಅಧಿಕ ವೇಗವನ್ನು ಪಡೆದು ಪರಮಾಣುಗಳ ಹಿಡಿತದಿಂದ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಲೋಹದಿಂದ ಹೊರಬರಬಲ್ಲವು. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು "ಅಯಾನುಗಳ ಔಷ್ಣಿಕ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ" ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ 1883ರಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಥಾಮಸ್ ಎಡಿಸನ್ ವೀಕ್ಷಿಸಿದನು. ರೇಡಿಯೋ, ಟೆಲಿವಿಜನ್, ರೇಡಾರ್ ಮುಂತಾದವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾದ ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಇದೇ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ರಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಇದೇ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯಮಾನವು ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿಯ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಪಾದರಸದ 10^{-3} ಮಿ.ಮಿ. ಎತ್ತರಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿ ಎರಡೂ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳ ನಡುವೆ 30,000 ದಿಂದ 50,000 ವೋಲ್ಟಗಳವರೆಗೆ ವಿಭವಾಂತರವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಿದಾಗ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರವು ಹೊರ ಚಿಮ್ಮುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಧನ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರದ ಕಡೆಗೆ ಧಾವಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು "ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆ"ಎಂದು ಹೇಳುವದುಂಟು. ಹೀಗೆ ಚಲಿಸುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಟಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ಅಥವಾ ಮಾಲಿಬ್ಡಿನಂ ದಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ಬಿಲ್ಲೆಯನ್ನು ತಾಡಿಸಿದಾಗ ಆ ಬಿಲ್ಲೆಯು ಕ್ಷ-ಕಿರಣವನ್ನು ಹೊರದೂಡುತ್ತದೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ಕ್ಷ-ಕಿರಣಗಳ ವಿವರವಾದ ಅಭ್ಯಾಸಕ್ಕಿಂತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗ

ವರ್ಧನೆಯು ನಮಗೆ ಮುಖ್ಯವಾದದ್ದು. ಋಣಾಗ್ರದಿಂದ ಚಿಮ್ಮಿ ಬರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಧನಾಗ್ರವು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಧನಾಗ್ರದ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಿರತವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವದರಿಂದ ಅವುಗಳ ವೇಗವೂ ಕೂಡ ಬಿಟ್ಟೂ ಬಿಡದೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ವೇಗವನ್ನು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಕಣದ ಗತಿಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳ ನಡುವಿನ ವಿಭವಾಂತರ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮ.

ಮೇಲಿನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, e ಯು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ಮತ್ತು V, ವಿಭವಾಂತರ, ಇದ್ದರೆ,

ಗತಿ ಶಕ್ತಿ $E = e\mathrm{V}$ .... (2·1)

ಆಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ E, ಕಣದ ಗತಿ ಶಕ್ತಿ,

ಕಣದ ಗತಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ರೂಪದಲ್ಲಿಯೂ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಬಹುದು. m ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಹಾಗೂ v ಅದರ ವೇಗ ಇದ್ದರೆ,

ಗತಿ ಶಕ್ತಿ $E = \frac{1}{2} mv^2$ ....(2·2)

ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡೂ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ

$e\mathrm{V} = \frac{1}{2} mv^2$ ಎಂದು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ e ಮತ್ತು m ಇವುಗಳ ಮೌಲ್ಯವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ವಿಭವಾಂತರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಂತೆ ಕಣದ ವೇಗವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುವುದು ಮೇಲಿರುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅವಲೋಕಿಸಿದಾಗ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳ ನಡುವೆ 10,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿಭವಾಂತರವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಿದಾಗ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗವು ಪ್ರತಿ ಸಕೆಂಡಿಗೆ 6×10^9 ಸೆಂ. ಮೀ. ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರತಿ ಸಲ ಕಣದ ವೇಗವನ್ನು ಹೇಳುವದರ ಬದಲಾಗಿ ಅದು ಪಡೆದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತಾರೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಈ ಶಕ್ತಿಯು "ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್

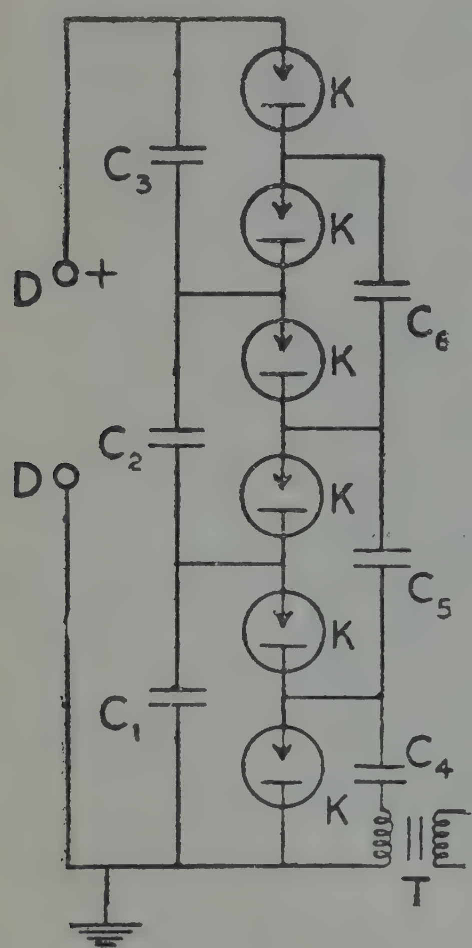
ವೋಲ್ಟ್" ಎಂಬ ಏಕಮಾನದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ನಷ್ಟು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವುಳ್ಳ ಕಣವನ್ನು ಒಂದು ವೋಲ್ಟ್ ವಿಭವಾಂತರಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದಾಗ ಅದು ಪಡೆಯುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ನ್ನು eV ಎಂಬ ಹ್ರಸ್ವ ರೂಪದಿಂದ ಸೂಚಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳ ನಡುವಿನ ವಿಭವಾಂತರವು 70,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾದಾಗ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು 70 kevಗಳಾಗುತ್ತದೆ.

ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಯಂತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುವ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವದ ಸಂಗತಿ ಎಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಾಂತರಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದಾಗಿದೆ. ಮುಂದಿನ ಎರಡು ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿಭವಾಂತರಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಾಧಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ.

• •

3 ಕಾಕ್ರೋಫ್ಟ್-ವಾಲ್ಟನ್ ವೋಲ್ಟತಾ ಗುಣಕ

ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗ್ರಾಹಕಗಳನ್ನು ಸಮಾಂತರವಾಗಿ ಕಡಿಮೆ ವೋಲ್ಟತೆಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತಗೊಳಿಸಿ, ಅವೆಲ್ಲವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ವಿಸರ್ಜಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು, ಉಪಕರಣವು ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಮೂಲತತ್ವ. ಸುಮಾರು 20 ಸಂಗ್ರಾಹಕಗಳನ್ನು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ 50,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ, ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತಗೊಳಿಸಿ, ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ವಿಸರ್ಜಿಸಿದಾಗ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 3

ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ವೋಲ್ಟತಾ ಗುಣಕದ ಸ್ಥೂಲರಚನೆಯನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಸಂಗ್ರಾಹಕಗಳನ್ನು ಎರಡು ತಂಡಗಳಲ್ಲಿ ವಿಂಗಡಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸುತ್ತಾರೆ. C_1, C_2 ಹಾಗೂ C_3 ಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸರಣಿಯಲ್ಲಿಯೂ; C_4, C_5 ಮತ್ತು C_6ಗಳನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಸರಣಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಜೋಡಿಸಿದೆ. ಈ ಎರಡು ತಂಡಗಳನ್ನು ಕಿನೋಟ್ರೋನ್ (K) ಗಳಿಂದ ಆಂತರಿಕವಾಗಿ ಜೋಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸಂಗ್ರಾಹಕಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತಗೊಳಿಸಲು 'ಏರಿಸುವ ಪರಿವರ್ತಕ' (T) ದಿಂದ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. T ಯಿಂದ ಒದಗಿಸುತ್ತಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಧನ ಹಾಗೂ ಋಣ ಎರಡೂ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದಷ್ಟೆ. ಕಿನೋಟ್ರೋನುಗಳು ಎರಡು ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹಗಳ ಪೈಕಿ ಒಂದೇ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಪ್ರವಹಿಸುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಅದರ ವಿರುದ್ಧ ಜಾತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಪ್ರವಹಿಸಿದಾಗ ಅವು ನಿಷ್ಕ್ರಿಯವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಕೇವಲ ಅರ್ಧ ಸೈಕಲಿನಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಕಿನೋಟ್ರೋನುಗಳು ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಜೊತೆ ಕಿನೋಟ್ರೋನುಗಳ ಮೂಲಕ ಸಂಗ್ರಾಹಕ C_1 ಅನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ನಂತರದ ಅರ್ಧ ಸೈಕಲಿನಲ್ಲಿ ಕಿನೋಟ್ರೋನುಗಳು ನಿಷ್ಕ್ರಿಯವಾಗಿರುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಆಗ C_1 ದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಇನ್ನೊಂದು ಜೊತೆ ಕಿನೋಟ್ರೋನುಗಳ ಮೂಲಕ C_5 ಸಂಗ್ರಾಹಕಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆ ಮೇಲೆ C_5 ಸಂಗ್ರಾಹಕವು C_6 ಸಂಗ್ರಾಹಕವನ್ನು; ಮತ್ತು C_6 ಸಂಗ್ರಾಹಕವು C_2 ಸಂಗ್ರಾಹಕವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತಗೊಳಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿ C_1, C_2 ಹಾಗೂ C_3 ಗಳ ಮೇಲೆ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಸಂಗ್ರಹವಾದ ನಂತರ ಅವೆಲ್ಲವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣಗಳನ್ನು ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ ವಿಸರ್ಜಿಸಿದಾಗ ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವು DOಯ ನಡುವೆ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. C_6 ಸಂಗ್ರಾಹಕದಿಂದ C_2 ಗಾಗಲೀ ಮತ್ತು C_5 ಸಂಗ್ರಾಹಕದಿಂದ C_1 ಗಾಗಲೀ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣದ ವರ್ಗಾವಣೆಯಾಗುವದಿಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನು ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಗಮನಿಸಬೇಕು.

ಕಾಕ್ರೋಫ್ಟ್ ಮತ್ತು ವಾಲ್ಟನ್ ಕೂಡಿ 1930ರಲ್ಲಿ 300,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ನೀಡಬಲ್ಲ ಪ್ರಥಮ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಗುಣಕ ಒಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದರು. ಅವರೇ ಮುಂದೆ 1932 ರಲ್ಲಿ 800,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ನೀಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ಇನ್ನೊಂದು ಗುಣಕವನ್ನು ರಚಿಸಿದರು. 3 ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ನೀಡಬಲ್ಲ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕವಾದ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಗುಣಕವನ್ನು ಅವರೇ ಕಟ್ಟಿದರು. ಈ ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕಾಕ್ರೋಫ್ಟ್ ಮತ್ತು ವಾಲ್ಟನ್ ಕಣ (ಪ್ರೋಟಾನು)ಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿ ಮೂಲವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದರು. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಅವರದೇ ಪ್ರಥಮ

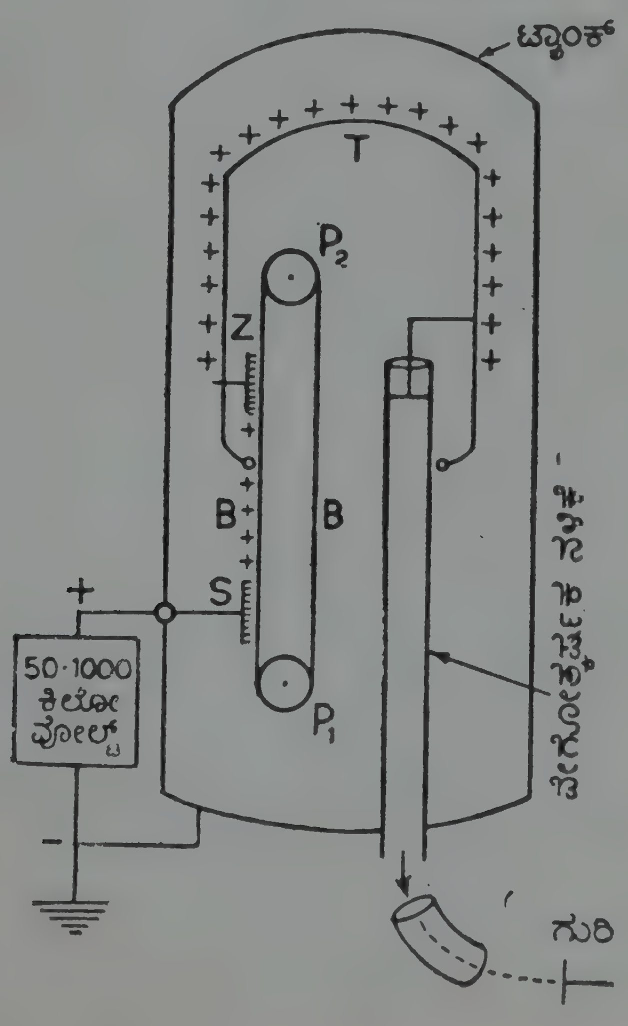
ಸಾಧನೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಅವರು 300,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಲೀಥಿಯಂ ಪರಮಾಣು ಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಅವನ್ನು ಹೀಲಿಯಂ ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವಲ್ಲಿ ಯಶಸ್ವಿಯಾದರು.

ಕೃತಕವಾಗಿ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ವಿಘಟಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಲಾರೆನ್ಸನು, ಕಾಕ್ರಾಫ್ಟ್ ವಾಲ್ಟನ್ನರಿಗಿಂತ ಮುಂಚಿತವಾಗಿಯೇ ತಾನು ರಚಿಸಿದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಪಡೆದಿದ್ದರೂ ಕೂಡಾ ಲಾರೆನ್ಸನಿಗೆ ಮೊದಲಬಾರಿಗೆ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ಕೃತಕವಾಗಿ ವಿಘಟಿಸಿದ ಕೀರ್ತಿ ದೊರೆಯದೇ ಇದ್ದದ್ದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ದುರ್ದೈವದ ಸಂಗತಿ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣಗಳಿಲ್ಲದಿರಲಿಲ್ಲ. ಜೆ. ಡಿ. ಕ್ರಾಕ್ರೋಫ್ಟ್ ಮತ್ತು ಇ. ಟಿ. ಎಸ್. ವಾಲ್ಟನ್ ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಕೇಂಬ್ರಿಜ್ಜಿನ ಸುಪ್ರಸಿದ್ಧ ಕೆವೆಂಡಿಷ್ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವು ಮಹತ್ವಪೂರ್ಣವಾದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಹೇರಳವಾಗಿ ಒಳಗೊಂಡಿತ್ತಲ್ಲದೆ ಆ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಚಾಣಾಕ್ಷತನದಿಂದ ಮತ್ತು ಅತ್ಯಂತ ಸರಳ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸುವ ಉಜ್ವಲವಾದ ಸಂಪ್ರದಾಯ (ರುದರ್‌ಫರ್ಡ್ ಸಂಪ್ರದಾಯ)ವಿದ್ದಿತು.

● ●

4 ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ

ಕ್ರಿ. ಶ. 1931 ರಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕೆಯ ಪ್ರಿನ್ಸಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ರಾಬರ್ಟ್ ಜೆಮಿಸನ್ ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕ ವೊಂದನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ಮೂಲ ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದನು. ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ಅತ್ಯಧಿಕ ವಿಭವಾಂತರದ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಉಂಟೆಂಬುದು ಕ್ಷ-ಕಿರಣ ಯಂತ್ರದ ಮತ್ತು ವೋಲ್ಟೇಜ ಗುಣಕಗಳ ಅಭ್ಯಾಸ ದಿಂದ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕದ ಮುಖ್ಯ ಗುರಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ದೊರಕಿಸುವದು.



ಚಿತ್ರ. 4

ಚಿತ್ರ 4 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ P_1 ಮತ್ತು P_2 ಎರಡು ರಾಟಿಗಳಿವೆ. BB, ಇದು ರೆಯಾನ್ ಅಥವಾ ರೇಷ್ಮೆಯಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ಅವಾಹಕ ಪಟ್ಟಿ ಇದ್ದು P_1 ಮತ್ತು P_2 ಗಳನ್ನು ಸುತ್ತುವರಿದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಪಟ್ಟಿಯು ಎಲ್ಲಿಯೂ ತುಂಡಾಗಿರದೆ ಅಖಂಡವಾಗಿರಬೇಕೆಂಬುದು ಗಮನಾರ್ಹ. ಅದು ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 3000 ರಿಂದ 8000 ಅಡಿ ವೇಗದಿಂದ ತಿರುಗುತ್ತಿರಬೇಕು. P_1 ರಾಟಿಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ ಚಾಲಕಕ್ಕೆ ಜೋಡಿಸಿ ಪಟ್ಟಿಯು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ವೇಗವನ್ನು ಪಡೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ 50 ರಿಂದ 1000 KV ಗಳಷ್ಟು ವಿಭವಾಂತರವನ್ನು ಭೂಮಿ ಮತ್ತು ಬ್ರಷ್ – S ಗಳ ನಡುವೆ ಉಂಟುಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ. ಈ ಬ್ರಷ್ ಚೂಪಾದ ತುದಿಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು "ಕೊರೊನಾ ತುದಿಗಳು" ಅಥವಾ ಚಿಮುಕಿಸುವ ತುದಿಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. S ಧನ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರವಾಗಿರುವಂತೆಯೂ ಭೂಮಿಯು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರವಾಗಿರುವಂತೆಯೂ ವಿಭವಾಂತರವನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಿರಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಬ್ರಷ್ ಪಟ್ಟಿಗೆಗೆ ತಗಲಿರುತ್ತದೆ. ಪಟ್ಟಿಯು ತಿರುಗು ವಾಗ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿರುವ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಅಂದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು S ಬ್ರಷ್‌ನ ಚೂಪಾದ ಕೊನೆಗಳು ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ ಕೇವಲ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ಮಾತ್ರ ಉಳಿದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಪಟ್ಟಿಯ ಈ ಭಾಗವು P_2 ರಾಟಿಯ ಬಳಿ ಬಂದಾಗ ಅಲ್ಲಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ಬ್ರಷ್ Zನ ತುದಿ ಗಳು ಈ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. Z ಬ್ರಷ್‌ನ್ನು ಒಂದು ಪೊಳ್ಳಾದ ವಾಹಕ ಗೋಲಕ್ಕೆ ಜೋಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ Z ಬ್ರಷ್‌ನ ತುದಿಗಳು ಸೆಳೆದುಕೊಂಡ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವು ಗೋಲದ ಮೇಲೆ ಸಂಗ್ರಹ ವಾಗುತ್ತದೆ. (ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಪೊಳ್ಳು ಗೋಳದಿಂದ Z ಬ್ರಷ್‌ನ ಮೂಲಕ ಎಲೆ ಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪಟ್ಟಿಯ ಮೇಲೆ ಹಾಯುತ್ತವೆ) ಪ್ರತಿ ಸಲ ಸಲ ಪಟ್ಟಿಯು S ಬ್ರಷ್‌ನ್ನು ಹಾಯ್ದು ಬರುವಾಗ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಹೊತ್ತು ತರುವದೂ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು Z ಬ್ರಷ್‌ನ ಮುಖಾಂತರ ಗೋಲದ ಮೇಲೆ ಸಂಗ್ರಹಿಸುವದೂ, ಆ ಪಟ್ಟಿಯು ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವವರೆಗೆ ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಡೆದಿರುತ್ತದೆ.

ಪಟ್ಟಿಯು ಸಾಕಷ್ಟು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಸುತ್ತುವಂತೆ ಮಾಡಿ ನಮಗೆಷ್ಟು ಬೇಕೋ ಅಷ್ಟು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ವಾಹಕ ಗೋಲದ ಮೇಲೆ ಸಂಗ್ರಹಿಸಬಹುದು.

ಆದರೆ ಇದು ಕೇವಲ ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಮಾತ್ರ. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸುವದು ಕಷ್ಟ. ಏಕೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವು ಅನೇಕ ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ನಷ್ಟ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತೆರನಾದ ನಷ್ಟವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ವಿಶೇಷ ಬಗೆಯ ಎಚ್ಚರಿಕೆ ವಹಿಸಲಾಗಿದೆ. ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣಗಳು ಚೂಪಾದ ತುದಿಗಳಿಂದ ಸಿಡಿದು ಹೋಗುವುದರಿಂದ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ತು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಲಿಕ್ಕಾಗಿಯೇ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಸಂಗ್ರಹವಾಗುವ ವಾಹಕವನ್ನು ಸಾಧ್ಯ ವಾದಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಪರಿಪೂರ್ಣ ಗೋಲವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ. ವಾಹಕ ಗೋಲ, ಬ್ರಷ್‌ಗಳು, ರಾಟಿ, ಪಟ್ಟಿಯಿಂದ ಕೂಡಿದ ಇಡೀ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಯನ್ನೇ ವಾಹಕ ಮತ್ತು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಟ್ಯಾಂಕ್ ಅಥವಾ ಗೋಪುರದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಗೋಪುರದಲ್ಲಿ ತುಂಬಲಾದ ಸಾರಜನಕ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ಪ್ರತಿ ಚದುರ ಅಂಗುಲಕ್ಕೆ 100 ರಿಂದ 140 ಪೌಂಡುಗಳಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಅನಿಲದೊಡನೆ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಅನಿಲವಾದ ಫ್ರೇಯಾನ (CCl_2F_2) ಇದರ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಬೆರೆಸಲಾಗಂತ್ತದೆ.

ರೇಷ್ಮೆ ಪಟ್ಟಿಯಿಂದ ವಾಹಕ ಗೋಲಕ್ಕೆ ವರ್ಗಾವಣೆಯಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣದ ಪರಿಮಾಣವು ಮೂರು ಅಂಶಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

i) ಪಟ್ಟಿಯ ವೇಗ

ii) ಪಟ್ಟಿಯ ಅಗಲ

iii) ಪಟ್ಟಿಯು ತನ್ನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಪ್ರತಿ ಏಕಮಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೇಲೆ ಹೊತ್ತೊಯ್ಯಬಹುದಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣದ ಸಾಂದ್ರತೆ.

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಬೇಕಾದ ಕಣಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 4 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದ ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಾಂತರದ ನಡುವೆ ಹಾಯಿಸ ಲಾಗುತ್ತದೆ. ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಯ ಒಂದು ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರವನ್ನು ವಾಹಕ ಗೋಲಕ್ಕೂ ಇನ್ನೊಂದು ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರವನ್ನು ಭೂಮಿಯೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ ಪಡೆದ ಗುರಿಗೆ

ಜೋಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ನಡುವೆ ಅಂದರೆ ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಬೃಹತ್ ವಿಭವಾಂತರ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾರಣ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಕಣ ಅಥವಾ ಅಯಾನು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದು ಕೊಂಡು ಗುರಿಯೆಡೆಗೆ ಧಾವಿಸುತ್ತದೆ. ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ಅತ್ಯಂತ ಮಹತ್ವದ ಪ್ರಯೋಜನಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿವೆ.

i) ಸಮರೂಪದ ಶಕ್ತಿಯ ಅಯಾನುಗಳ ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು. ಇದರಿಂದ ಅಯಾನುಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಓಡುತ್ತವೆ.

ii) ಅಯಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯ.

ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಕಾಕ್ರಾಫ್ಟ್-ವಾಲ್ಟನ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಣಗಳಿಗೆ ನೀಡಬಲ್ಲುದಾಗಿದೆ. ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನು* ಕಣಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಬಲ್ಲುದಾದರೂ ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೊತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿಯ ನಿಖರತೆ ಮತ್ತು ಕಣಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ನಿಯಂತ್ರಣಗೊಳಿಸುವಿಕೆ ಇವು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಈ ಯಂತ್ರದಿಂದ ವಿಭವಾಂತರಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭವಾಗಿ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಸ್ಥಿರವಾದ ವಿಭವಾಂತರವು ಕೆಲವು ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುತ್ತದೆ.

ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯುತವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರೊಟಾನ್, ಡ್ಯುಟೆರಾನ್ ಶಲಾಕೆಗಳಿಂದ ಅನೇಕ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಬಹುದು.

i) ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ii) ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳಿಂದುಂಟಾಗುವ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಮತ್ತು ಅಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ ಚದುರುವಿಕೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಬಹುದು.

---

* ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯ ನೋಡಿರಿ.

iii) ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳ ಕ್ರಿಯಾತಂತ್ರವನ್ನಭ್ಯಸಿಸುವದು.

iv) ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಶಕ್ತಿಹಂತಗಳ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದು.

v) ಖಗೋಲಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವದು ಮತ್ತು

vi) ಜೈವಿಕ ವೈದ್ಯಕೀಯ ಸಂಶೋಧನೆ ಮುಂತಾದವುಗಳಿಗಾಗಿ ಇವುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ ದೊರೆತ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳ ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಕೆಲವು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಮೂಲಕ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಗೆ ಕೂಡಾ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಿಂದ ದೊರೆತ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಬಳಸಬಹುದು. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ ಪಡೆಯಲಾದ ಭಾರವಾದ ಅಯಾನುಗಳ ಶಲಾಕೆಗಳನ್ನು ಆಸಕ್ತಿ ಕೆರಳಿಸುವಂತಹ ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನಾ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನೇ ತೆರೆದಿವೆ. ಈ ಶಲಾಕೆಗಳಿಂದ ಘನವಸ್ತು ಸ್ಥಿತಿಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳಾದ ಸ್ಫಟಿಕಗಳಲ್ಲಿ ಅಯಾನಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಸುರಂಗಮಾರ್ಗ ಮುಂತಾದವುಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

1931 ರಲ್ಲಿ ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್‌ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿದ ಪ್ರಥಮ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕವು 80,000 ವೋಲ್ಟಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಬಲ್ಲುದಾಗಿದ್ದಿತು. ಎರಡು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಅಂದರೆ 1933 ರಲ್ಲಿ ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫನೇ ಎರಡು ಗೋಲಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಇನ್ನೊಂದು ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕವನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. ಇದರಲ್ಲಿಯ ಗೋಲಗಳ ಪ್ರತಿಯೊಂದರ ವ್ಯಾಸವು ಎರಡು ಅಡಿಯಿದ್ದು, ಅವೆರಡನ್ನು ಏಳು ಅಡಿ ಎತ್ತರವಿರುವ ಪೈರೆಕ್ಸ್ ಅವಾಹಕಗಳ ಮೇಲೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಮತ್ತು ಇದರಲ್ಲಿ 2·2 ಅಂಗುಲ ಅಗಲವಾದ ರೇಷ್ಮೆಯ ಪಟ್ಟಿಯು ಪ್ರತಿ ನಿಮಿಷಕ್ಕೆ 3500 ಅಡಿ ವೇಗದಿಂದ ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದಿತು. ಚಿಮುಕಿಸುವ ಬ್ರಷ್‌ಗೆ 10 **kv.** ಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಿ ಗೋಲಗಳ ಮೇಲೆ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿದಾಗ ಅದು 1·5 ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟಗಳವರೆಗೆ ದೊರೆಯಿತು. ನಂತರ ವಾಶಿಂಗ್ಟನ್ನಿನ ಕಾರ್ನೆಗಿ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ

1935 ರಲ್ಲಿ ಟುವೆ, ಹ್ಯಾಫ್‌ಸ್ಟೆಡ್ ಮತ್ತು ಡಾಲ್ ಅವರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಇನ್ನೊಂದು ಇದೇ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕವನ್ನು ರಚಿಸಲಾಯಿತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಗೋಲವಿದ್ದು, ಆ ಗೋಲಕ್ಕೆ ಏಕಕೇಂದ್ರೀಯವಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಗೋಲವು ಅದರೊಳಗೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯಗೋಲದ ವ್ಯಾಸ ಎರಡು ಮೀಟರುಗಳು. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಪಟ್ಟಿಯು ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಬಗೆಯ ಕಾಗದದಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದ್ದು, ಅದು 20 ಸೆಂ. ಮೀ, ಅಗಲ ವಾಗಿದ್ದಿತು. ಅದರ ವೇಗ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 1200 ಮೀಟರುಗಳು. ಈ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕವು 1·2 ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಉಳ್ಳದ್ದು. 1937 ರಲ್ಲಿ ಫ್ರಾನ್ಸದ ರಾಜಧಾನಿ ಪ್ಯಾರಿಸಿನಲ್ಲಿ ಅಂತರ್‌ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರದರ್ಶನ ನಡೆಯಿತು. ಅದರಲ್ಲಿ ಇದೇ ಮಾದರಿಯ ಬೃಹತ್ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಮೀಟರ ವ್ಯಾಸದ ಎರಡು ಗೋಲಗಳಿದ್ದು, ಅದು 5 ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಒದಗಿಸ ಬಲ್ಲುದಾಗಿದ್ದಿತು. ಅದನ್ನು A. ಲಿಝಾರ್ಡ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು F. ಜೂಲಿಯಟ್ ಮತ್ತು ಸ್ಯಾವೆಲ್‌ರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ರಚಿಸಿದನು. ಇತ್ತೀಚಿನ ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕಗಳ ಗಾತ್ರವಂತೂ ತೀರ ಅಗಾಧವಾದುದು. ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೆಸಾಚುಸೆಟ್ಸ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿದೆ. ಅದು 15 ಅಡಿ ವ್ಯಾಸದ ಎರಡು ಗೋಲಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿದ್ದು, ಅವೆರಡನ್ನೂ 22 ಅಡಿ ಎತ್ತರವಾದ ಅವಾಹಕ ಸ್ತಂಭಗಳ ಮೇಲೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪಟ್ಟಿಯು ಅಗಲಳತೆ 47 ಅಂಗುಲಗಳಷ್ಟು. ಇದು 5·1 ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ನೀಡಬಲ್ಲದು.

ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕದ ವಾಹಕ ಗೋಲದಲ್ಲಿ 5.1 ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ದಷ್ಟು ವಿಭವವನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತಾದರೂ ಇದನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಕಣಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಲಿಲ್ಲ. ಇದರಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಮಾರ್ಪಾಟುಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಯಿತು. ಮೊದಲಿನ ಯಂತ್ರ ದಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆಯ ಉದ್ದ 26 ಅಡಿಗಳಷ್ಟು ಇದ್ದರೂ ತುದಿಯಲ್ಲಿ

ಮತ್ತು ನಳಿಕೆಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಕಿಡಿ (Spark) ಉಂಟಾದ್ದರಿಂದ ಉಪಯೋಗಿಸ ಬಹುದಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವು ಕೇವಲ 2·7 Mev ಆಯಿತು.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ನೇರ (D. C.) ವಿಭವವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು 1929ರಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಕಷ್ಟ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಕೋಲಂಬಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾಗಿದ್ದ ಬರ್ಗನ್ ಡೇವಿಸ್ ಮತ್ತು ಆರ್ಥರ್ ಎಚ್. ಬಾರ್ನ್ಸ್ ಎಂಬವರು ಒಂದು ಹೊಸ ವಿಚಾರವನ್ನು ಮಂಡಿಸಿದರು. ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಅಲ್ಫಾ (α) ಕಣಗಳಿಗೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವ ವಿಧಾನವು ಸಾಧ್ಯವಿದ್ದು ಇದರಿಂದ ಅಲ್ಫಾ (α) ಕಣಗಳ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ವನ್ನು ತಟಸ್ಥಗೊಳಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದೆ ಆ ಹೊಸ ವಿಚಾರ. ಈ ವಿಚಾರ ದಿಂದ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಣಗಳಿಗೆ ಕೊಡುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಈ ವಿಚಾರದ ಮುಖ್ಯಾಂಶವೆಂದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವಿಕೆಯು ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲಿಕ್ಕೆ ಒಂದು ಉತ್ತಮ ಸಾಧನವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬು ದಾಗಿದೆ. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ 1930 ರಲ್ಲಿ ಡೇವಿಸ್ ಮತ್ತು ಬಾರ್ನ್ಸ್ ನಡೆಸಿದ ಯಶಸ್ವಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮಹತ್ವವನ್ನು ಅರಿತು ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವನ್ನು ತಯಾರಿಸುವ ಒಂದು ಸದವಕಾಶಕ್ಕಾಗಿ ಕಾಯುತ್ತಿದ್ದನು.

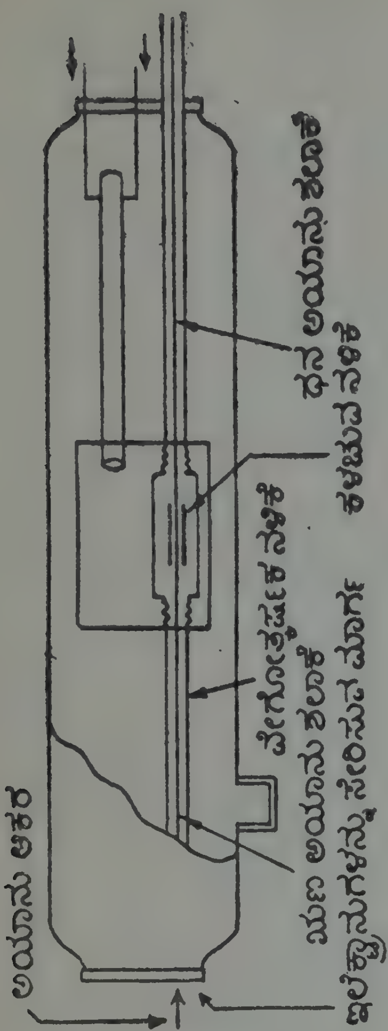
1937ರಲ್ಲಿ ಓಹಿಯೋ ಸ್ಟೇಟ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ವಿಲಿಯರ್ಡ್ ಎಚ್. ಬೆನೆಟ್ ಎಂಬಾತನು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಸಿ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ದ್ವಿಗುಣಗೊಳಿಸುವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ರಚನೆಗಾಗಿ ಸ್ವಾಮ್ಯ ಪತ್ರವನ್ನು ಪಡೆದನು. ಈತನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಋಣ ಅಯಾನು ಗಳನ್ನು ಒಂದು ತುದಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿ ಆ ತುದಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವ ತೆಳುವಾದ ಬಿಲ್ಲೆಯೊಂದಕ್ಕೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡಿಸಿ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳಲ್ಲಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆ ತೆಗೆಯಲಾಯಿತು. ಇದರಿಂದುಂಟಾದ ಧನ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಎರಡನೆಯ ಸಲ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿ ಗುರಿಯನ್ನು ತಲುಪುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗಿತ್ತು. ಈ ರೀತಿ ಪಡೆದ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊಸ ವಿಚಾರವನ್ನು ಬಳಸದೆ ವೇಗೋತ್ಕ ರ್ಷಿಸಿದ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಎರಡು ಪಟ್ಟಾಗಿತ್ತು.

ದುರ್ದೈವದ ಸಂಗತಿ ಎಂದರೆ, 1937ರಲ್ಲಿ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳು ಕೇವಲ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯ ಕುತೂಹಲವಾಗಿಯೇ ಉಳಿದಿದ್ದವು. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ಯೋಗ್ಯವಾದ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳು ಉಪಲಬ್ಧವಿರಲಿಲ್ಲ. ಇದಲ್ಲದೆ ಬೆನೆಟ್‌ನ ಸ್ವಾಮ್ಯ ಪತ್ರವನ್ನು ಬಹಳಷ್ಟು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಓದಿಕೊಂಡಿರಲಿಲ್ಲ. ಹೀಗಾಗಿ ಬೆನೆಟ್ಟನ ಸೂಚನೆಯನ್ನು ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾಗಿ ಕೈ ಬಿಡಬೇಕಾಯಿತು. ಜಗತ್ತಿನ ಎರಡನೆಯ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಬಹಳಷ್ಟು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಪ್ರಗತಿಯಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಬೆನೆಟ್ಟನ ವಿಚಾರವನ್ನು ಅರಿಯದೆ 1951 ರಲ್ಲಿ ಬರ್ಕಲೇಯಲ್ಲಿ ಲೂಯಿಸ್ ಡಬ್ಲ್ಯೂ. ಆಲ್‌ವರ್ಸ್ ಎಂಬಾತನು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವ ವಿಧಾನವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. ಸುಧಾರಿಸಿದ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳ ಆಕರಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ರಚಿಸಲಾದ ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವ ವಿಚಾರವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಿತು. ಮುಂದೆ ಹರ್ಬ್ (Herb) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಆಲ್‌ವರ್ಸ್ ಬಳಸಿದ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳಿಗಿಂತ ತೀಕ್ಷ್ಣವಾದ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಕೊಡುವ ಆಕಾರಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಿದನು.

ಈ ಎಲ್ಲ ಸಾಧ್ಯತೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿ ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ 1958 ರಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕೆಯ High Voltage Engineering ಸಂಸ್ಥೆಯ ಸಹಕಾರದಿಂದ ದೊಡ್ಡದಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೊಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದನು. ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ದ್ವಿಗುಣಗೊಳಿಸುವ ಮತ್ತು ಋಣ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಈ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ " ಟಾಂಡೆಮ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ " ಎಂಬ ಹೆಸರಿಡಲಾಯಿತು.

ಟಾಂಡೆಮ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ (5)ರಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಜಲಜನಕದ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು, ಅಯಾನು ಮೂಲದಿಂದ ಕೆಲವು ಕಿಲೊವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿ.



ಚಿತ್ರ 5

ಆ ಮೇಲೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಕಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಣಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಮತ್ತು ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಬಲ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ ವಿರುವದರಿಂದ ಅವು ತುದಿಯ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸು ವಾಗ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಈ ತುದಿಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಾಗ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳು ಅನಿಲವನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ನಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯು ತ್ತವೆ. ಈ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಋಣ ಅಯಾನು ಗಳು ಅನಿಲದೊಂದಿಗೆ ಡಿಕ್ಕಿ ಹೊಡೆಯುವು ದರಿಂದ ಪ್ರತಿ ಅಯಾನಿನಿಂದಲೂ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಹೊರಬರುತ್ತವೆ. ಇದ ರಿಂದ ಕಣಗಳು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಜಲ ಜನಕದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ ಅಥವಾ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಆಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಗಳನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಕಣಗಳ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಯಾವ ತರದ ಬದಲಾವಣೆಯೂ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಮುಂದೆ ಅದೇ ವೇಗದಿಂದ ಕಣಗಳು ಎರಡನೆಯ ನಳಿಕೆಯನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ನಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಂಡು ಹೊರ ಬರುವ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ದ್ವಿಗುಣ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಮೇರಿಕೆಯ ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆಯು ತಯಾರಿಸಿದ "Emperor" ಮಾದರಿಯ ಟಾಂಡೆಮ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಪ್ರೋಟಾನು ಗಳನ್ನು 20 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಜಗತ್ತಿನ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಟಾಂಡೆಮ್ ಯಂತ್ರ ಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಸುಮಾರು 30 ಆಗಬಹುದು.

ಇದು ವರೆಗೆ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ಅಲ್ಫಾ (α) ಕಣಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ "ಗುಂಡು"ಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಭಾರ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಕೂಡ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವದರಿಂದ ಅನೇಕ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸ ಬಹುದಾಗಿದೆ. ಟಾಂಡೆಮ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ಭಾರ ಅಯಾನುಗಳಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡುವುದು, ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರ ತೆಗೆಯಬಹು ದಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅವಲಂಭಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕದ ಋಣ ಅಯಾನಿನಿಂದ ಹೊರತೆಗೆಯಬೇಕಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಎರಡು ಆದರೆ ಹೀಲಿಯಂ ಋಣ ಅಯಾನಿನಲ್ಲಿ ಇದು ಮೂರು ಆಗಿದೆ. ಆಮ್ಲಜನಕದ ಋಣ ಅಯಾನಿನಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊರ ತೆಗೆಯಲು 30 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅಯೋಡಿನ್ ಋಣ ಅಯಾನಿನಂತಹ ಭಾರ ಅಯಾನಿನಿಂದ (ಇದರಲ್ಲಿ 54 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿರುತ್ತವೆ) ಎಲ್ಲ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊರ ತೆಗೆಯಲು ನೂರಾರು ಮೆಗಾವೋಲ್ಟುಗಳು ಬೇಕಾಗಬಹುದು.

ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ನೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ವಿದಳನಕ್ಕೆ ವಿಪರ್ಯಯವಾದ ಕಾರ್ಯ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಕೆಲವು ಭಾರ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳಿಂದ ಮೂಲ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊರ ತೆಗೆಯುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಅವುಗಳನ್ನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳಿಗೆ ಸೇರಿಸುವ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಬಹುದು. ಇದು ವರೆಗೆ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಕೃತಕವಾಗಿ ಸುಮಾರು 400 ಹೊಸ ಸಮಸ್ಥಾನಿಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಗಿದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಅನುಕೂಲ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಒದಗಿದಲ್ಲಿ ಹೊಸ ಭದ್ರ ಮೂಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಹುದು. ಈಗ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಗಳು ದೊರೆತಿರುವದರಿಂದ ಟಾಂಡೆಮ್ ಯಂತ್ರವು ಸರಿಯಾದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯರ್ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಮೌಲ್ಯ ಸಾಧನವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿದೆ.

ಸಧ್ಯಕ್ಕೆ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದನ್ನು 1962 ರಲ್ಲಿ ಟ್ರಾಂಬೆಯಲ್ಲಿನ ಭಾಭಾ ಪರಮಾಣು ಸಂಶೋಧನಾ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ ಕಣಗಳನ್ನು 5 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸ

ಬಹುದಾಗಿದೆ. ಎರಡನೆಯದಾದ 2 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಯಂತ್ರವನ್ನು 1971ರಲ್ಲಿ ಕಾನಪುರದಲ್ಲಿನ ಭಾರತೀಯ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆ (IIT) ಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಎರಡು ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಅಮೇರಿಕೆಯ ಅಧಿಕ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆ ಒದಗಿಸಿದೆ.

ಕೋಷ್ಟಕ-1 ರಲ್ಲಿ ಟ್ರಾಂಬೆ ಮತ್ತು I. I. T. ಗಳಲ್ಲಿಯ ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ವಿವರವನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

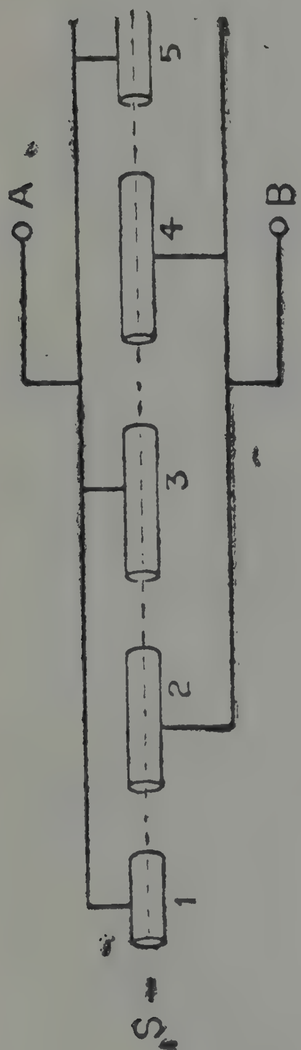
ಕೋಷ್ಟಕ-1

		ಟ್ರಾಂಬೆ ಯಂತ್ರ	IIT ಯಂತ್ರ
1	ದೊರೆಯಬಹುದಾದ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿ	5.5 Mev	2.0 Mev
2	ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಬಹುದಾದ ಕಣಗಳು	p. d. He^{3+} He^{4+}	p. d.
3	ಶಲಾಕೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ	5 ಮೈಕ್ರೋ ಅಂಪಿಯರ	10-100 ಮೈಕ್ರೊ ಅಂಪಿಯರ
4	ವಿವಿಕ್ತೀಕರಣ ಶಕ್ತಿ	0.1% (ವಿಶ್ಲೇಷಿತ)	0.5% (ವಿಶ್ಲೇಷಿತ ವಲ್ಲದ)
5	ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಅನಿಲ	80% ಸಾರಜನಕ 20% ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲ 2.5 psi	80% ಸಾರಜನಕ 20% ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲ 360 psi

● ●

5. ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಕೊಳವೆಯ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳ ನಡುವಿನ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಾಂತರವನ್ನು ಕೆಲವೊಂದು ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟುಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಏರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ವಿಭವಾಂತರವು ಕೆಲವೊಂದು ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, ಕೊಳವೆಯ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತೊಂದರೆಯನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸಲು ಬೇರೆ ಮಾದರಿಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳನ್ನು ರಚಿಸಲಾಯಿತು.



ಚಿತ್ರ 6

1930ರಲ್ಲಿ ಜರ್ಮನಿಯ ಡಾ. ಆರ್. ವೈಡರೋ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಹೊಸ ವಿಚಾರವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದನು. ಕಣಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿಭವಾಂತರಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ ಒಂದೇ ಹಂತದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಕಡಿಮೆ ವಿಭವಾಂತರಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ ಹಲವಾರು ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬಹುದೆಂಬುದೇ ಆ ಹೊಸ ವಿಚಾರ. ಈ ಎಲ್ಲ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಣವು ಸಾಕಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯವನ್ನು ನಾವು ಬದಿಯ ಚಿತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

S ಎಂಬುದು ಅಯಾನುಗಳ ಆಕರ 1, 2, 3, 4, 5 .... ಇವು ಏಕಅಕ್ಷೀಯ ಸಿಲಿಂಡರಾಕಾರದ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳು. ಈ ಸಿಲಿಂಡರಾಕಾರದ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳನ್ನು "ಡ್ರಿಫ್ಟ್ ಕೊಳವೆಗಳು" ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಕೊಳವೆಗಳ ನಡುವೆ ವಿಭವಾಂತರವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಿದರೆ,

ಆ ಕೊಳವೆಗಳ ನಡುವಿನ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಕೊಳವೆಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಸ್ಥಿರವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಪರ್ಯಾಯ ಸಿಲಿಂಡರುಗಳ ಮೇಲೆ ವಿರೋಧವಾದ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಗಳನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲು, ಡ್ರಿಫ್ಟ್ ಕೊಳವೆಗಳನ್ನು ರೇಡಿಯೋ ಕಂಪನಾಂಕ ವಿದ್ಯುತ್ (Radio frequency source) ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನುಂಟು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮೊದಲ ಅರ್ಧ ಸೈಕಲ್‌ದಲ್ಲಿ 1 ಮತ್ತು 3 ಕೊಳವೆಗಳು ಧನ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಹೊಂದಿದರೆ, 2 ಮತ್ತು 4 ಕೊಳವೆಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ. ಮುಂದಿನ ಅರ್ಧ ಸೈಕಲ್‌ದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಗಳು ಅದಲುಬದಲಾಗುತ್ತವೆ.

S ಆಕರದಿಂದ ಧನ ಅಯಾನೊಂದು ಹೊರಬಿದ್ದಿತೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಈ ಕಣವು ಮೊದಲ ಅರ್ಧ ಸೈಕಲ್‌ದಲ್ಲಿ ಕೊಳವೆ 1 ಋಣ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರವಾಗಿರುವಾಗ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಕಣವು ಕೊಳವೆ 1 ರಿಂದ ಹೊರಬಂದನಂತರ ಪುನಃ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ಆಗ ಕೊಳವೆ 2ರ ಮೇಲಿನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವು ಧನದಿಂದ ಋಣಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಾಗಬೇಕಾದರೆ ಕೊಳವೆ 1ರಿಂದ ಹಾಯ್ದು ಬರಲು ಕಣಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಸಮಯವು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ “ಅರ್ಧಕಾಲ”ಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಬೇಕು. ಕಣವು ಪಡೆದ ವೇಗವನ್ನು

$$v = \sqrt{\frac{2Ve}{m}} \qquad \ldots\ldots(5{\cdot}1)$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಈ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ

e : ಕಣದ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ

m : ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು

V : ವಿಭವಾಂತರ.

ಕಣದ ವೇಗ (v)ವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ (c)ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರಬೇಕು. ಆಗ ಮಾತ್ರ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ ಸ್ಥಿರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವುಳ್ಳ ಅಯಾನುಗಳ ವೇಗವು ವಿಭವಾಂತರದ ವರ್ಗಮೂಲಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ.

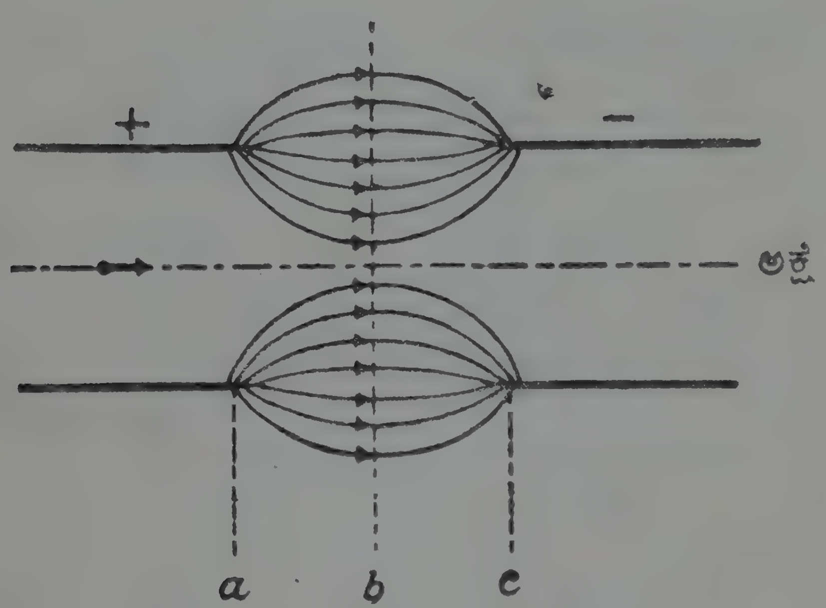
ಅಂದರೆ $v \propto \sqrt{V}$ ....(5.2)

ಎರಡನೆಯ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಅಯಾನುವು ಮೊದಲನೆಯ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಸಹಜವಾಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಲ್ಲಿನ ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಆಗ ದ್ವಿಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಕಣವು ಕೊಳವೆ 2ನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲವು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ "ಅರ್ಧಕಾಲ"ದಷ್ಟೇ ಇರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಮಾತ್ರ ಆ ಕಣವು ಕೊಳವೆ 2 ಮತ್ತು 3ರ ನಡುವೆ ಪುನಃ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಕೊಳವೆ 2ರ ಉದ್ದವು ಕೊಳವೆ 1ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಲ್ಲದೆ ಅವುಗಳ ಉದ್ದಳತೆಗಳ ಪ್ರಮಾಣವು $\sqrt{2:1}$ ಆಗಬೇಕು. ಮುಂದಿನ ಅನುಕ್ರಮವಾದ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಅನುಕ್ರಮ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗಳಿಗೆ 1,2,3,4, ಇತ್ಯಾದಿ ಕೊಳವೆಗಳ ಉದ್ದಳತೆಗಳು, ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ 1, $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$ ಇತ್ಯಾದಿ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರಬೇಕು.

ಅಯಾನುಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಣೆಯ ಬಗ್ಗೆ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಷ್ಟೇ ದಕ್ಷತೆ ವಹಿಸಿದರೆ ಸಾಲದು. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗ ಮಾಡುವ ಯಾವುದೆ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿಯಾದರೂ, ಅಯಾನುಗಳ ಶಲಾಕೆಯ ತೀವ್ರತೆ ಕೂಡ ಬಹಳ ಮಹತ್ವದ್ದು. ಕೊನೆಯ ಡ್ರಿಫ್ಟ್ ಕೊಳವೆಯಿಂದ ನಮಗೆ ಇಚ್ಛಿತ ಶಲಾಕೆಯ ತೀವ್ರತೆ ದೊರೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಕೊಳವೆಗಳ ನಡುವಿನ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡದಿದ್ದಲ್ಲಿ, ಬಹಳಷ್ಟು ಅಯಾನುಗಳು ನಷ್ಟವಾಗಿ, ಉಪಯುಕ್ತ ಶಲಾಕೆಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ಶಲಾಕೆಯ ಸಂಗಮೀಕರಣವನ್ನು ಹೇಗೆ ಮಾಡಬೇಕೆಂಬುದನ್ನು ವಿವೇಚಿಸೋಣ.

ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ಸಂಗಮೀಕರಣ

ಎಲ್ಲ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿಯಂತೆ, ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ ಬರುವ ಅಯಾನುಗಳ ಶಲಾಕೆಯ ತೀವ್ರತೆ, ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ, ಸಂಗಮೀಕರಣ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂಬುದನ್ನು ಬಹಳಷ್ಟಾಗಿ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಸಂಗಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧ ಇರುತ್ತವೆ :— (i) ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ಸಂಗಮೀಕರಣ ಮತ್ತು (ii) ಅವಸ್ಥಾ-ಸಂಗಮೀಕರಣ. ಈಗ ಒಂದನೆಯದನ್ನು ಮೊದಲು ವಿವೇಚಿಸುವಾ. ಅಯಾನುಗಳ ವೇಗಗಳು, ಸಾಪೇಕ್ಷತಾವಾದದ ಅನ್ವಯವು ಅನವಶ್ಯಕವಿರುವ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಡ್ರಿಫ್ಟ್ ಕೊಳವೆಗಳ ನಡುವಿನ ಬರಿದಾದ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ, ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸ್ಥಿರ ವಿದ್ಯುತ್ ಬಲ ರೇಖೆಗಳನ್ನು, ಚಿತ್ರ 7 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ವಿಭವ ಗರಿಷ್ಠ ಮೌಲ್ಯ



ಚಿತ್ರ 7

V ಯಲ್ಲಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಒಂದು ಅಯಾನು ಕೊಳವೆಗಳ ನಡುವಿನ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಬಂದಾಗ, ಅದು ಕೊಳವೆಯ ಅಕ್ಷದ ಮೇಲಿರುವದಿಲ್ಲವೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಇಂಥ ಅಯಾನೊಂದರ ಮೇಲೆ ಯಾವ ತರಹದ ಬಲಗಳು ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆಯೆಂದು ನೋಡಲು, ಸರಳತೆಗೋಸ್ಕರ, ಎರಡು ಕೊಳವೆಗಳ ನಡುವಿನ

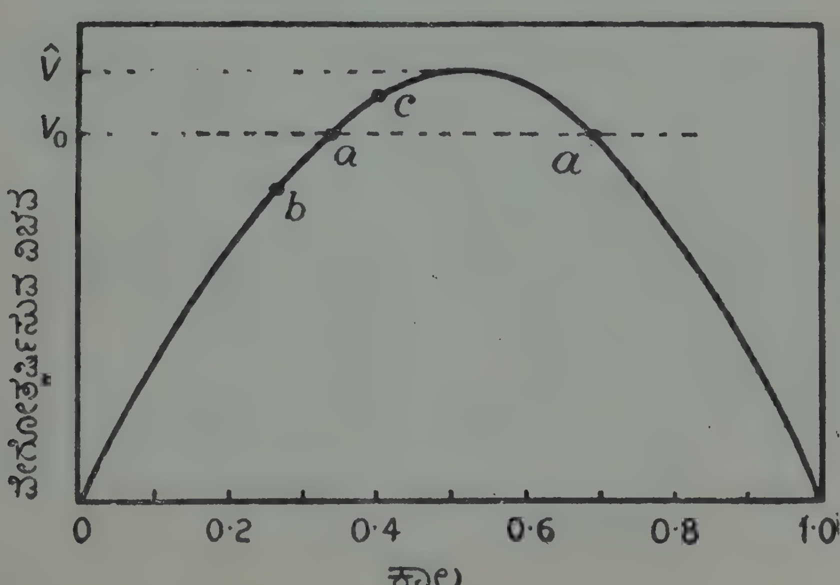
ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಎರಡು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ಕಲ್ಪಿಸೋಣ. ಮೊದಲ ಅರ್ಧ ab ಯಲ್ಲಿ, ಅಯಾನಿನ ಮೇಲೆ, ಎರಡು ಬಲದ ಘಟಕಗಳು ಈ ರೀತಿ ಪ್ರವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ : (1) ಅಕ್ಷದ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಘಟಕ, ಅಯಾನನ್ನು ಅಕ್ಷದಗುಂಟ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಎಳೆಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ; (2) ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಘಟಕ ಕೂಡ ಅಯಾನನ್ನು ಅಕ್ಷದತ್ತ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದಿಂದ ಎಳೆಯಲು ಹವಣಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಅಯಾನು ಕೊಳವೆಗಳ ನಡುವಿನ ಸ್ಥಳದ ಎರಡನೆಯ ಅರ್ಧ bc ಯನ್ನು ದಾಟುವಾಗ (1) ಅಕ್ಷದಗುಂಟ ಮತ್ತಿಷ್ಟು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತದೆ, ಆದರೆ, ಬಲದ ಎರಡನೆಯ ಘಟಕದಿಂದ (2) ಅಕ್ಷದಿಂದ ದೂರ ಹೋಗುವಂತೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಮೊದಲಿನ ಅರ್ಧ ಮತ್ತು ಎರಡನೆ ಅರ್ಧದಲ್ಲಿ, ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ಪಲ್ಲಟಗಳು ವಿರುದ್ಧ ದಿಶೆಗಳಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಒಂದನ್ನೊಂದು ನಿಷ್ಪರಿಣಾಮಗೊಳಿಸುವದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ಅಯಾನು ಎರಡನೆಯದರಲ್ಲಿ ಮೊದಲಿನ ಅರ್ಧದಲ್ಲಿಯಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಕಾಲ ಕಳೆಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ಪಲ್ಲಟ ಒಳಮುಖವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ಸಂಗಮೀಕರಣ. ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ, ಅಯಾನುಗಳ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸದಂತೆ, ಅಕ್ಷವನ್ನು ದಾಟಿ ಅತ್ತಿತ್ತ ಹೊಯ್ದಾಡುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ.

ಈ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಸಂಗಮೀಕರಣ, ಎರಡು ಕೊಳವೆಗಳ ನಡುವಿನ ಅವಕಾಶದ ಎರಡೂ ಅರ್ಧಗಳಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವೇಗಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುವದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಆದರೆ, ಅಯಾನಿನ ವೇಗ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ, ಈ ತರಹದ ವೇಗ–ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಸಂಗಮೀಕರಣ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗದು. ಅದ್ದರಿಂದ, ಇಂಥ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಅಯಾನು, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ವಿಭವ ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವ ಕಾಲು ಚಕ್ರದಲ್ಲಿ, ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳವನ್ನು ದಾಟಿದರೆ ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ಸಂಗಮೀಕರಣ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಆಗ ಅಂತರ್ಮುಖ ಮತ್ತು ಬಹಿರ್ಮುಖ ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ಪಲ್ಲಟನಗಳಲ್ಲಿಯ ಅಂತರ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

ಅವಸ್ಥಾ ಸಂಗಮೀಕರಣ : ಈ ಮೊದಲು ನೋಡಿದಂತೆ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವಲ್ಲಿ, ಅಯಾನು ಒಂದು ಕೊಳವೆಯಿಂದ ಮುಂದಿನ ಕೊಳವೆಗೆ

ಹೋಗುವಾಗ, ಅಂದರೆ ಕೊಳವೆಗಳ ನಡುವಿನ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ, ಅದರ ವೇಗ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಶಕ್ತಿ ಕೂಡ; ಮತ್ತೆ ಮುಂದಿನ ಕೊಳವೆಗೆ ಹೋಗಬೇಕಾದರೆ, ಅದು ಆಂದೋಲಕದ ಅರ್ಧಾವರ್ತನದಲ್ಲಿಯೇ ಹೋದರೆ ಮಾತ್ರ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸೂಕ್ತ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ, ಅಯಾನು ಕೊನೆಯ ಕೊಳವೆಯಿಂದ ಸರಿಯಾದ, ಅಪೇಕ್ಷಿತ, ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ವಿವಿಧ ಡ್ರಿಫ್ಟ್ ಕೊಳವೆಗಳ ಉದ್ದಳತೆಗಳನ್ನು ಪರಿಕಲಿಸಿ ರಚನೆಮಾಡುವಾಗ, ನಮಗೆ ಯಾವ ವಿಭವದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಸಲ (ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ) ಅಯಾನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಗೊತ್ತುಪಡಿಸಿದ ವಿಭವಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ ವಿಭವದಲ್ಲಿ ಅಯಾನು ಯಾವುದೆ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾದರೆ, ನಮಗೆ ಇಚ್ಛಿತ ಶಕ್ತಿಯ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆ ದೊರೆಯಲಾರದು. ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬರಿದಾದ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಅದೇ ವಿಭವದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದಿದರೆ, ಅಯಾನುಗಳು ಒಂದೇ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಪಡೆದಂತೆ.

ಈಗ, ಹೀಗೆ ಯೋಜಿಸಿದ ವಿಭವ V_0, ಗರಿಷ್ಠ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ವಿಭವ V ಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಈಗ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ (ಚಿ. 8) ತೋರಿಸಿದಂತೆ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ವಿಭವ, ಯೋಜಿಸಿದ V_0



ಚಿತ್ರ 8

ವನ್ನೂ, ಅರ್ಧ ಚಕ್ರದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಾರಿ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುತ್ತದೆ(a ಮತ್ತು a′ ಬಿಂದುಗಳು)

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲೂ ಅಯಾನಿನ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸೂಕ್ತ ಶಕ್ತಿ ಇರುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಿದೆವಷ್ಟೆ ? ಈಗ, ಯಾವುದೋ ಒಂದು ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಅಯಾನೊಂದು ಆ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸೂಕ್ತ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಬರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯುವಾ. ಅಯಾನು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗಯುತವಾದ್ದರಿಂದ, ಅದು ಅಂತಹ, aಗಿಂತ ಮೊದಲು ಇರುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯ ಅವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ (ಚಿ. 9 ನೋಡಿರಿ). ಆದ್ದರಿಂದ, ಅಲ್ಲಿ ಅದು ಕಡಿಮೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಕಾರಣ, ಮುಂದಿನ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ, ಅದು ಮತ್ತೆ aದ ಹತ್ತಿರದ ಬಿಂದುವಿನ ಅವಸ್ಥೆಯನ್ನೇ ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಅಯಾನೊಂದು ಒಂದು ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ, ಆ ಸ್ಥಳಕ್ಕೆ ಸರಿ ಹೋಗುವ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಬಂದರೆ, aಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಮುಂದಿನ (ಅನಂತರದ) ಬಿಂದು (c)ಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಅವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಅದು, ಆಗ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗಿ, ಕ್ರಮೇಣ aದತ್ತ ತನ್ನ ಅವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಬದಲಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಅಯಾನುಗಳು, ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳವನ್ನು, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ವಿಭವ ಚಕ್ರ ಏರುತ್ತಿರುವಾಗ ಹೊಕ್ಕರೆ, ಅದು ಬಿಂದು aಯ ಸುತ್ತು ಗುಂಪುಗೂಡುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವವಾಗಿ, ಅಯಾನುಗಳು aದ ಸುತ್ತಲು, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅವಸ್ಥೆಗಳ ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಹೊಯ್ದಾಡುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಆಗ ಅವುಗಳಿಗೆ ಭದ್ರ ಅವಸ್ಥೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇವೇ ಅವಸ್ಥಾ–ಭದ್ರ ಕಕ್ಷೆಗಳು. ಆದರೆ a ಬಿಂದುವಿನ ಅವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಅಯಾನುಗಳು ಅಭದ್ರಾವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುವದರಿಂದ ಉಪಯುಕ್ತ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಯಿಂದ ಅಷ್ಟೊಂದು ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ವಜಾ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಕ್ರಮದಿಂದ 1931 ರಲ್ಲಿ ಡಿ. ಎಚ್. ಸ್ಲೋಅನ್ ಮತ್ತು ಇ. ಒ. ಲಾರೆನ್ಸ್ ಇವರು ಧನ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು 1·26 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿ ಪಡೆಯುವಂತೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದರು. ಇದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ ವೈಡರೋ ಎಂಬಾತನು ಪೊಟ್ಯಾಸಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಇದೇ ಕ್ರಮದಿಂದಲೇ

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದ್ದನು. ಆದರೆ ವೈಡರೋ ಕೇವಲ ಎರಡು ಕೊಳವೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದರೆ ಲಾರೆನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಸ್ಲೋಅನ್ ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಮೊದಲು 10 ಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿ ಆ ಮೇಲೆ 30 ಕೊಳವೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಿದರು. ಮುಂದೆ 1934 ರಲ್ಲಿ ಸ್ಲೋಅನ್ ಮತ್ತು ಆಯ್. ಎಮ್. ಕೋಟ್ಸ್ ಎಂಬವರು ಪರ್ಯಾಯ ವಿಭವವನ್ನು ಮತ್ತು ಕೊಳವೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ 2.85 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಣಗಳಿಗೆ ಕೊಡುವಲ್ಲಿ ಸಫಲ ರಾದರು.

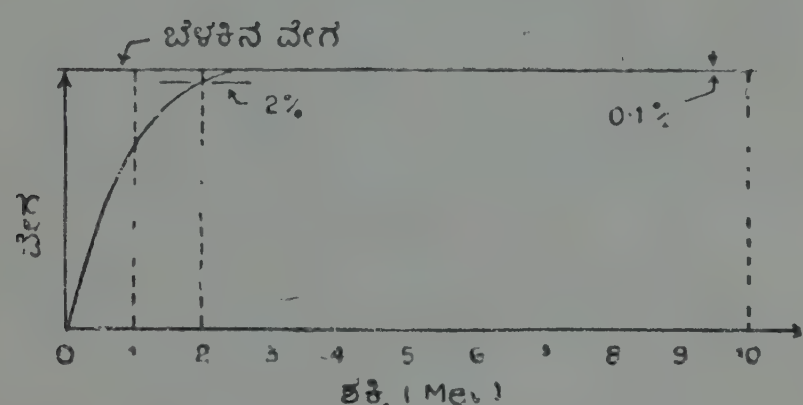
ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳು ಬೆಳೆದಂತೆಲ್ಲ, ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು ಕಣಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಹತ್ತಿದವು. ಇಂಥ ಒಂದು ಯಂತ್ರವನ್ನು ಎಲ್. ಡಬ್ಲೂ. ಆಲ್‌ವರ್ಝ್ ಎಂಬಾತನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಅದರಿಂದ 32 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆದನು. ಈ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ 47 ಡ್ರಿಫ್ಟ್ ಕೊಳವೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗಿತ್ತು. ಈ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಒದಗಿಸಿದ ಪ್ರೋಟಾನಗಳು ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರ್ಯಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ 4 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದವುಗಳಾಗಿದ್ದವು.

ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು 68 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೊಂದನ್ನು ಮಿನ್ನೆಸೋಟಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂಗ್ಲೆಂಡಿನ ಹಾರ್ವೆಲ್‌ದಲ್ಲಿಯ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು 50 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂತಿಮವಾಗಿ 100 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ನೀಡಬಲ್ಲ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳೂ ಇವೆ. 800 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ನೀಡಬಹುದಾದ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ರಚನಾ ಕಾರ್ಯವು ಲಾಸ್ ಅಲಾಮಾಸ್‌ದಲ್ಲಿ ನಡೆದಿದೆ.

ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ನಿರ್ಮಾಣವು ಬಹಳ ಕಷ್ಟವಾದುದು ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಸುಲಭವಾಗಿ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 20 ಮೆಗಾ ಸೈಕಲ್ (2×10^7 ಸೈಕಲ್‌ಗಳು) ಗಳಿದ್ದು, ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಕೊಳವೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ 20 ಆದರೆ, 10 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ದೊರೆಯುತ್ತವೆ. 100 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು 200 ಕೊಳವೆಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕೊಳವೆಗಳು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಉದ್ದಳತೆಯಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡವಾಗಿರಬೇಕಾದ ಕಾರಣ 200 ಕೊಳವೆಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಮೈಲುಗಟ್ಟಲೆ ಉದ್ದವಾಗಬಹುದು.

ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ತಂತ್ರವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು ಕೂಡಾ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರೋಟಾನುಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ—ಸುಮಾರು 2000 ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಿಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಒದಗಿಸಿದರೆ ಅಷ್ಟೇ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಿದ ಪ್ರೋಟಾನಿಗಿಂತ ಬಹಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. 10 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವು ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಸುಮಾರು 4×10^9 ಸೆಂ.ಮಿೀ. ಗಳಾಗುತ್ತದೆ. 10 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ಕಂಡು ಹಿಡಿದರೆ ಆ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ (ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 3×10^{10} ಸೆಂ. ಮಿೀ.ಗಳು)ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗುವದು ಕಂಡು ಬರುತ್ತದೆ. 1905 ಕ್ಕಿಂತ ಹಿಂದೆ ಇಂಥ ವೇಗವನ್ನು ನಾವು ಯಾವ ಆಕ್ಷೇಪಣೆಯಿಲ್ಲದೆ ಒಪ್ಪುತ್ತಿದ್ದೆವು. ಏಕೆಂದರೆ 1905 ರಲ್ಲಿ ಮಂಡಿಸಲಾದ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಮಿಗಿಲಾದ ವೇಗವು ಅಸಂಭವ. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಇನ್ನೊಂದು ಮುಖ್ಯಾಂಶವೆಂದರೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ಸಮಾನತಾ ತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸುವುದಾಗಿದೆ. ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ಭಾರಕಣಗಳಿಗಿಂತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಬಹಳಷ್ಟು ಹಗುರಾಗಿರುವದರಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುವದ

ರಲ್ಲಿಯೇ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತವೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಸುಮಾರು 0.5 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸಮವಾಗಿದೆ. ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನವು 0·5 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು 0·5 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು (ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಶಕ್ತಿ + ಗತಿಶಕ್ತಿ) ಒಂದು (1) ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ದ್ವಿಗುಣಗೊಳಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ಇದನ್ನೇ ಇನ್ನೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ದ್ವಿಗುಣಗೊಳಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ಇದರಿಂದ 0·5 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಗತಿಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗಿಂತ ಎರಡರಷ್ಟು ಭಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸಲಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ತಕ್ಕಷ್ಟು (Just) ಭಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಶಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ರೇಖಾಚಿತ್ರದಿಂದ ತೋರಿಸಿದಾಗ ನಮಗೆ ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರ ಬರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ ೬

ಶಕ್ತಿ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರವಾಗಿರುವ ರೇಖೆಯು, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವು ಹೇಗೆ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. 2 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಾಗ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಶೇಕಡಾ 0·1 ರಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಇರುವದು

ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಕೆಲವು ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದಾಗ "ಸ್ಥಿರವೇಗ"ದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಸಾರ್ವಕಾಲಿಕ ವೇಗಮಿತಿಯನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುವಿಕೆಯು, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಈಗ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ವಾಹಕ ಕೊಳವೆಗಳು ಹೆಚ್ಚೆಚ್ಚು ಉದ್ದಳತೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಎಲ್ಲಾ ವಾಹಕಗಳೂ ತದ್ರೂಪ ಕೊಳವೆಗಳೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ಮತ್ತು ತದ್ರೂಪ ಭಾಗಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಈ ಅಖಂಡ ವಾಹಕವನ್ನು ಅನೇಕ ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ಭಾಗಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಎಳೆ (Spring) ಎಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಇದರ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ವಿಧದಿಂದ ತಿಳಿಯುವದೆಂದರೆ ವಾಹಕದ ಮೂಲಕ ಚಲಿಸುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ತನ್ನ ಜೊತೆಗೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಕೊಚ್ಚಿಕೊಂಡು ಹೋಗುವ (Sweeping) ಉಬ್ಬರವಿಳಿತದ ಅಲೆಗಳು ಎಂಬುದಾಗಿದೆ. ಈ ಉದ್ದವಾದ ಮತ್ತು ಚಿಕ್ಕ ಚಿಕ್ಕ ಭಾಗಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಕೊಳವೆಯನ್ನು "ತರಂಗ ನಿರ್ದೇಶಕ" (Waveguide) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ವಾಹಕ ಕೊಳವೆಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಚಿಕ್ಕವೂ ಮತ್ತು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಾಗ ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಒದಗಿಸುವ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವಾಹಕ ಕೊಳವೆಯನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಲು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಸಮಯ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ರಾಡರ್‌ದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ಮೈಕ್ರೋ ಅಲೆಗಳ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮನಾದ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವಾಗಿರುವ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಇಂಥ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ "ಅಲೆಗಳಿಂದ" ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಚಲಿಸುವ ತರಂಗ ನಿರ್ದೇಶಕ ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ವಿಚಾರವನ್ನು 1924ರಲ್ಲಿ ಸ್ವೀಡನ್ನಿನಲ್ಲಿ ಜಿ. ಐಸಿಂಗ್ (G. Ising) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮಂಡಿಸಿದನು. ಆದರೆ ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗಲಿಲ್ಲ. 1933 ಮತ್ತು 1934ರಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕೆಯ ಜೆ. ಡಬ್ಲ್ಯೂ. ಬೀಮ್ಸ್ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ಸ್ಫುರಣ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನದಿಂದ ಪಡೆದ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವಲ್ಲಿ ಸಫಲರಾದರು. ಆಮೇಲೆ ಸ್ಟಾನ್ ಫೋರ್ಡ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಡಬ್ಲ್ಯೂ. ಎಚ್. ಹಾನ್ಸನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತರಂಗ ನಿರ್ದೇಶಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ನಿರ್ಮಾಣ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ತಳೆದನು. ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ಉದ್ದ 200 ಅಡಿಗಳಾಗಿದ್ದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು 600 Mev ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಸ್ಟಾನ್ ಫೋರ್ಡ್ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾದ 2 ಮೈಲು ಉದ್ದದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು 50 ಬಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಸುಮಾರು 125 ಮಿಲಿಯನ್ ಡಾಲರುಗಳ ವೆಚ್ಚವಾಗಿದೆ. ಈ ಬೃಹತ್ ಯಂತ್ರದ ನಿರ್ಮಾಣ ಕಾರ್ಯವು 1960ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಾರಂಭವಾಗಿ 1966ರಲ್ಲಿ ಮುಗಿಯಿತು. ಇದರಲ್ಲಿ ತಾಮ್ರದಿಂದ ಮಾಡಿದ ಕೊಳವೆಗಳ 960 ಭಾಗಗಳಿದ್ದು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕೊಳವೆಯ ಉದ್ದ 10 ಅಡಿಗಳು ಮತ್ತು ಹೊರವ್ಯಾಸ 4 ಅಂಗುಲಗಳು ಆಗಿವೆ.

6. ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್

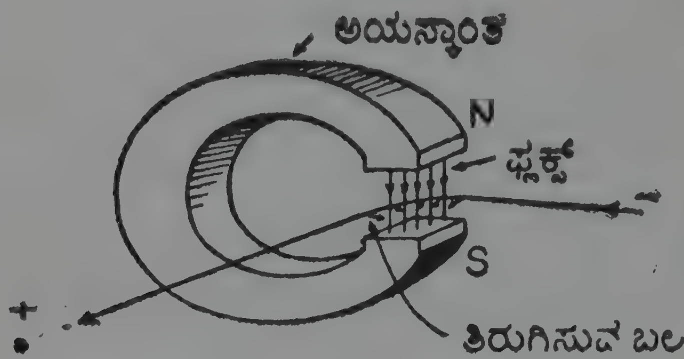
ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ವೇಗ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ವಾಹಕ ಕೊಳವೆಗಳ ಉದ್ದ ಹೆಚ್ಚಾಗಬೇಕಾಗುವದನ್ನು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಅಮೇರಿಕೆಯ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಅರ್ನೆಸ್ಟ್ ಓರ್ಲಾಂಡೋ ಲಾರೆನ್ಸ್ ಎಂಬಾತನು, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪಯೋಗಿಸಿ, ಕಣಗಳ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಬಗ್ಗಿಸಿ, ಪ್ರತಿ ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿಯೂ ತ್ರಿಜ್ಯ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಿರುವ ಸುರಳಿಯಾಕಾರದ ಪಥ ದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದೆಂದು ತರ್ಕಿಸಿದನು. ಇದರಿಂದ ಕಣದ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಾದಂತೆಲ್ಲ ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ಅವು ಚಲಿಸುವ ಪಥದ ಉದ್ದವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗು ತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧವಾದ ವಿಚಾರವನ್ನು ಲಾರೆನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಎನ್. ಇ. ಎಡ್ಲೆಫಸನ್ 1930 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಪಡಿಸಿದರು. ಈ ತತ್ವವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಲಾರೆನ್ಸ್‌ನು ತಯಾರಿಸಿದ ಪ್ರಥಮ ಯಂತ್ರವು ಕೇವಲ 4 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ಗಾಜಿನ ಉಪಕರಣವಾಗಿದ್ದಿತು. ನಂತರ ಲಾರೆನ್ಸನು ತನ್ನ ಪ್ರತಿಭಾವಂತ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ಯಾಗಿದ್ದ ವಿಲಿಂಗಸ್ಟನ್ ಎಂಬಾತನ ಸಹಾಯದಿಂದ ಅದೇ ಗಾತ್ರದ ಲೋಹದ ಯಂತ್ರವನ್ನು ತಯಾರಿಸಿದನು. ಇದರಲ್ಲಿ ಕೇವಲ 2000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, 80,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದಾಗ ದೊರೆಯಬಹುದಾದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯ ಜಲಜನಕ ಅಯಾನು ಗಳನ್ನು ಪಡೆದರು. ಅಂದರೆ ಕೇವಲ 2000 ವೋಲ್ಟ್ ವಿಭವಾಂತರದಿಂದ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು 80,000 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸ ಲಾಯಿತು. ಈ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ "ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್" ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಡಲಾ ಯಿತು.

1·2 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಣಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಿದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನನ್ನು 1932 ರಲ್ಲಿ ಲಾರೆನ್ಸ್ ಮತ್ತು ವಿಲಿಂಗ್‌ಸ್ಟನ್ ನಿರ್ಮಿಸಿದರು. ಒಂದು ಸಹಸ್ರ ಡಾಲರು ಬೆಲೆಬಾಳುವ ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳ ವ್ಯಾಸವು 11 ಅಂಗುಲಗಳಾಗಿತ್ತು.

1932 ರಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಈ ಮಹತ್ಸಾಧನೆಯ ಜೊತೆಗೆ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನು, ಭಾರಜಲ ಮತ್ತು ಪೊಜಿಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯೂ ಆಯಿತು. ಅಂತೆಯೇ 1932ನ್ನು ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿನ ಸುವರ್ಣ ಕಾಲವೆಂದು ಕರೆಯುವುದುಂಟು. ಮೇಲೆ ಕಾಣಿಸಿದ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸಂಶೋಧನೆಗೂ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನಿತ್ತು ಗೌರವಿಸಲಾಯಿತು. ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ಕಲ್ಪನೆ ಎಷ್ಟು ಮಹತ್ವದ್ದಾದುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಒಬ್ಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ಮಾತಿನಲ್ಲಿಯೇ ತಿಳಿಯುವದಾದರೆ "The concept of cyclotron was one of those strokes of genius which every ambitious physicist dreams about."

1932ರಲ್ಲಿ ತಾನು ರಚಿಸಿದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಲಾರೆನ್ಸನು ಲೀಥಿಯಂ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ವಿಘಟಿಸಿದನು. ಇದು ಪಶ್ಚಿಮ ಗೋಲಾರ್ಧದಲ್ಲಿ ನಡೆದ ಪ್ರಥಮ ವಿಘಟನೆಯಾಯಿತು. (ಕೆಲವೇ ತಿಂಗಳು ಮೊದಲು ಕಾಕ್ರಾಫ್ಟ್ ಮತ್ತು ವಾಲ್ಟನ್ನರು ಕೇವೆಂಡಿಷ್ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಲೀಥಿಯಂಅನ್ನು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೊಟಾನುಗಳಿಂದ ತಾಡಿಸಿ ಹೀಲಿಯಂ ಆಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದ್ದರು. ಈ ವಿಘಟನೆ ನಡೆದದ್ದು ಯುರೋಪಿನಲ್ಲಿ) ಪ್ರಥಮ ಜಾಗತಿಕ ಮಹಾಯುದ್ಧದ ತರುವಾಯ 75 ಟನ್ ಭಾರದ ಅಯಸ್ಕಾಂತವೊಂದು ಕೆಲಿಫೋರ್ನಿಯಾದಲ್ಲಿ ನಿರುಪಯೋಗಿಯಾಗಿ ಬಿದ್ದಿದ್ದಿತು. ಈ ಕಾಂತವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದಕ್ಕೆ 8 ಟನ್ನು ಭಾರದ ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯನ್ನು ಸುತ್ತಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ ಕೇಲಿಫೋರ್ನಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಹೊಸದಾಗಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ರೇಡಿಯೇಷನ್ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯಕ್ಕೆ 1936 ರಲ್ಲಿ ಲಾರೆನ್ಸನನ್ನೇ ನಿರ್ದೇಶಕನನ್ನಾಗಿ ನಿಯಮಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಬೃಹತ್ ಕಾಂತವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಲಾರೆನ್ಸನು 37 ಅಂಗುಲ ವ್ಯಾಸದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದನು. ಇದು 5 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಡ್ಯುಟೇರಾನು ಮತ್ತು 10 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಹೀಲಿಯಂ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ನೀಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದಿತು.

ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಹೊತ್ತ ಕಣದ ಪಥವು ಹೇಗೆ ಬಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ತಿಳಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 10 (a)

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾದ ಕಣವು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಆಗಿದೆ. ಈ ಪ್ರೋಟಾನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಕಾಂತೀಯ ತಿರುಗಿಸುವ ಬಲವು ಅದನ್ನು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ತಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನಿನ ಪಥವು ವೃತ್ತಾಕಾರವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚಿನ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಪ್ರೋಟಾನಿನ ಮೇಲೆ ತಿರುಗಿಸುವ ಬಲದ ಪರಿಣಾಮವು ಬಹಳಷ್ಟಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಪ್ರೋಟಾನಿನ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥವು ಕಡಿಮೆ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಪ್ರೋಟಾನಿನ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡದಾಗಿರುತ್ತದೆ.

m ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವು e ಆಗಿರುವ ಕಣವೊಂದು v ವೇಗದಿಂದ ಏಕರೂಪದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ, ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬಲ ರೇಖೆಗಳ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಫ್ಲಕ್ಸ ಸಾಂದ್ರತೆಯು B ಆಗಿರಲಿ. ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಕಣದ ಮೇಲೆ ಉಂಟಾಗುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದಾಗಿ, ಕಣವು ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯ (r) ವನ್ನು

$$\frac{mv^2}{r} = Bev \qquad \text{............(6·1)}$$

ಅಥವಾ $$r = \frac{mv}{Be} \qquad \text{............(6·2)}$$

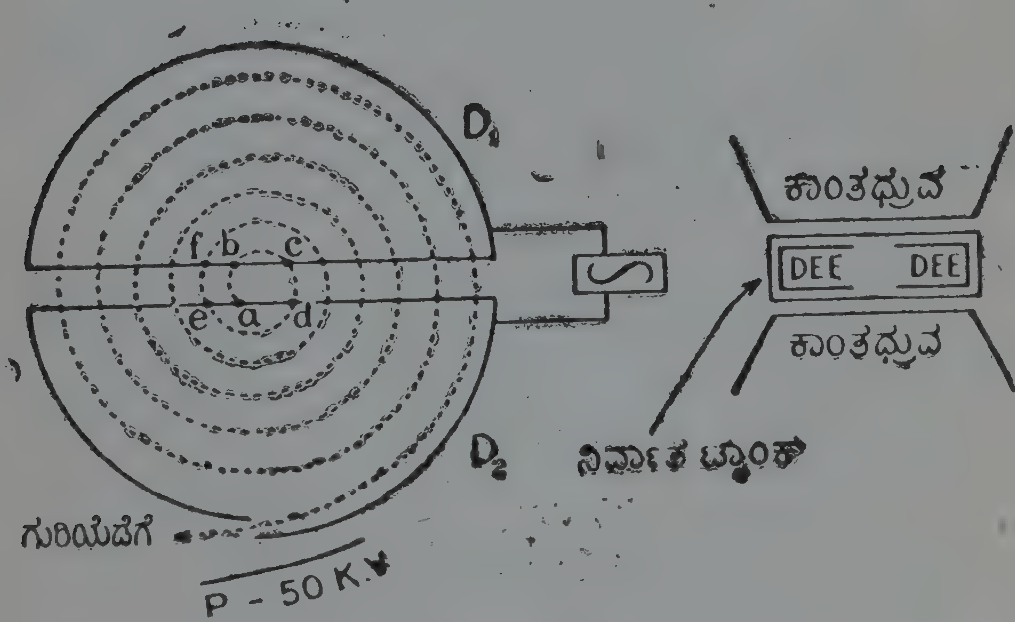
ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಕಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸುತ್ತು ಚಲಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಸಮಯವು (T)

$$T = \frac{2\pi r}{v} \qquad \text{............(6.3)}$$

ಅಥವಾ $$T = \frac{2\pi m}{Be} \qquad \text{............(6.4)}$$

ಈ ಸಮೀಕರಣವು ಬಹಳ ಮಹತ್ವದ್ದಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆ (B) ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ಹಾಗೂ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ನಿಷ್ಪತ್ತಿ $\left(\frac{e}{m}\right)$ಗಳು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವಾಗ, ಕಣದ ಅವಧಿ (T)ಯು ಆದರವೇಗ (v)ದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರದೆ, ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 10 (b)

D_1 ಮತ್ತು D_2ಗಳೆಂಬ ಎರಡು ಅರ್ಧವೃತ್ತಾಕಾರದ ತಾಮ್ರದ ಪೊಳ್ಳು ಕೋಷ್ಠಗಳನ್ನು (Dಗಳು) ಪ್ರಬಲವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತಧ್ರುವಗಳ ನಡುವೆ ಇಡ

ಲಾಗಿದೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿರುವ ಸಿಲಿಂಡರಾಕಾರದ ಉಕ್ಕಿನ ಟ್ಯಾಂಕಿನಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತವು ಒದಗಿಸುವ ಏಕ ರೂಪ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಫ್ಲಕ್ಸಸಾಂದ್ರತೆಯು 10,000 ದಿಂದ 20,000 ಗಾಸ್ ಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ, Dಗಳನ್ನು ಅಧಿಕ ಆವರ್ತತರಂಗವುಳ್ಳ (10 ರಿಂದ 20 ಮೆಗಾ ಸೈಕಲ್ಸ್) ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಆಕರಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಇವು ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ.

ಅಯಾನುಗಳನ್ನು Dಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರವೇಶಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಮುಖ್ಯ ವಾಗಿ ಎರಡು ತಂತ್ರಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

i) ಮೊದಲು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನನ್ನು ಪಾದರಸದ 10^{-5} ಮಿಲಿಮೀಟರ್ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಮೇಲೆ ಬೇಕಾದ ಅನಿಲವನ್ನು ಅದರ ಒತ್ತಡವು ಪಾದರಸದ 10^{-4} ದಿಂದ 10^{-3} ಮಿಲಿಮೀಟರ ಆಗುವಷ್ಟು ನಿರ್ವಾತ ಟ್ಯಾಂಕಿನೊಳಗೆ ಬಿಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರೋಟಾನು, ಡ್ಯುಟಿರಾನು, ಮತ್ತು ಆಲ್ಫಾಕಣಗಳು ದೊರೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಜಲಜನಕ, ಭಾರಜಲ ಮತ್ತು ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವದು. ಆಮೇಲೆ ಔಷ್ಣಿಕ ಅಯಾನು ತಂತುವಿನಿಂದ ಬರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಶಲಾಕೆ ಯೊಂದನ್ನು ಒಂದು ಚಿಕ್ಕ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗನ್‌ನಿಂದ ಕೇಂದ್ರೀಕರಿಸಲಾಗುವದು. ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಅನಿಲವನ್ನು ಅಯಾನೀಕರಣಗೊಳಿಸಿ ಬೇಕಾದ ಅಯಾನು ಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆ.

ii) ನಿರ್ವಾತ ಟ್ಯಾಂಕಿಗೆ ಜೋಡಿಸಿದ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಸಲಾಕೆಯ ಕೋಷ್ಠ ದಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನಂತೆಯೇ ಅಯಾನೀಕರಣಗೊಳಿಸಿ ಉಂಟಾದ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು D ಗಳ ನಡುವೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಕಣಗಳನ್ನೊದಗಿಸಿದ ನಂತರ ಅವು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈಗ ತಿಳಿಯೋಣ. ದ್ರವ್ಯ ರಾಶಿ m ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ e ಇರುವ ಧನ ಅಯಾನೊಂದು ಒಂದು ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ "a" ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಆಗ D_1 ಋಣ ಮತ್ತು D_2 ಧನ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳಾಗಿರಲಿ. ಇದರಿಂದ ಧನ ಅಯಾನುವು

D_1ದಿಂದ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, Dಗಳನಡುವಿನ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಿ "b" ಬಿಂದುವಿಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿ ಕ್ರಮಿಸುವಾಗ ಧನ ಅಯಾನವು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ Dಯಲ್ಲಿನ ಕ್ಷೇತ್ರರಹಿತ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. (ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಕಣದ ವೇಗ ಇದರಂತೆಯೇ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ). ಧನ ಅಯಾನುವು ಪ್ರತಿಸಲವೂ ಒಂದು Dಯನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಿ ಇನ್ನೊಂದು Dಯನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುವಾಗ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ (ಚಿತ್ರ 8 ದಲ್ಲಿ "b" ಯಿಂದ "c"ಗೆ ಕ್ರಮಿಸಿ ಪುನಃ "d" ಗೆ ಬರುವಾಗ ಕಣಕ್ಕೆ ಅರ್ಧ ವೃತ್ತ ಪಥವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ "ಕಾಲ"ವು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ "ಆವರ್ತಕಾಲ"ದ ಅರ್ಧದಷ್ಟಿರಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ "ಅರ್ಧ ಆವರ್ತಕಾಲ"ದ ನಂತರ D_2 ಋಣ ಮತ್ತು D_1 ಧನ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳಾಗುವದರಿಂದ ಧನ ಅಯಾನವು D_2 ದಿಂದ ಆಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈಗ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಅಯಾನುವು D_2 ಕೋಷ್ಠದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ತ್ರಿಜ್ಯದ ಅರ್ಧ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥ (ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ d ಮತ್ತು e ಗಳ ನಡುವಿನ ಅರ್ಧ ವೃತ್ತ) ವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಿದರೂ ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲ ಮಾತ್ರ $\frac{T}{2}$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. (Tಯು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವರ್ತಕಾಲ). ಏಕೆಂದರೆ ಆವರ್ತಕಾಲವು (T) ಕಣದ ವೇಗವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುವದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (6·4) ದಿಂದ ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಇದರಿಂದ ಧನ ಅಯಾನವು ಪ್ರತಿಸಲ Dಗಳ ನಡುವಿನ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುವಾಗ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗುವದಲ್ಲದೆ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ಅತ್ಯಂತ ಹೊರಗಿರುವ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥ (ಇದರ ತ್ರಿಜ್ಯವು Dಯ ತ್ರಿಜ್ಯಕ್ಕೆ ಸಮ)ದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಕಣದ ವೇಗವು ಅತ್ಯಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅಯಾನವು, ಪರ್ಯಾಯ, ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ದಿಕ್ಕು ಬದಲಾಗುವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಒಂದು Dಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿ ಹೊರಬಂದು ಇನ್ನೊಂದು Dಯನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅದಕ್ಕನುಕೂಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ ಮತ್ತು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಆಗ ಮಾತ್ರ ಅಯಾನುವು ಪ್ರತಿಸಲ ಒಂದು Dಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು Dಯನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುವಾಗ

ವೇಗೊತ್ಕರ್ಷಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಅಯಾನು ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ ಅದು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಹೊರಬರುವಾಗ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು ಮಹತ್ತರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಅಯಾನು ಕ್ರಮಿಸಿದ ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ ಪಥದಲ್ಲಿ ಕೊನೆಯ ವೃತ್ತದ ತ್ರಿಜ್ಯ (Dಯ ತ್ರಿಜ್ಯ)ವು R ಆದರೆ; ಅಯಾನಿನ ವೇಗವು (v) ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

$$v = \frac{BeR}{m} \qquad \text{........(6.5)}$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಹೊರಬರುವ ಅಯಾನಿನ ಗತಿಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣವು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

$$E = \tfrac{1}{2} mv^2 \qquad \text{........(6·6)}$$

ಈ ಸಮೀಕರಣವಲ್ಲಿ v ಬೆಲೆಯನ್ನು ತುಂಬುವದರಿಂದ

$$E = \tfrac{1}{2} m \left(\frac{BeR}{m}\right)^2 \qquad \text{........(6·7)}$$

$$E = \frac{1}{2} B^2R^2 \frac{e^2}{m} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ } \qquad \text{..........(6 8)}$$

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಯಾನನ್ನು "ಅವಸ್ಥೆ"ಯಲ್ಲಿಡಲು ಬೇಕಾಗುವ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯು f ಆದರೆ f ಮತ್ತು ಆವರ್ತಕಾಲ (T) ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣವು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

$$f = \frac{1}{T} \qquad \text{............(6·9)}$$

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಸಮೀಕರಣ (6·3) ರಿಂದ ಪಡೆದ Tಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ತುಂಬಿದಾಗ ನಮಗೆ ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣ ಬರುತ್ತದೆ.

$$f = \frac{1}{\frac{2\pi m}{Be}} \qquad \text{............(6·10)}$$

$$\text{ಅಥವಾ } f = \frac{Be}{2\pi m} \qquad \text{............(6·11)}$$

ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಪಡೆದ Be ಬೆಲೆಯನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (6.8) ರಲ್ಲಿ ಆದೇಶಿಸುವುದರಿಂದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಹೊರಬರುವ ಅಯಾನಿನ ಪರಮಾವಧಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಕೆಳಗಿನಂತೆ ಪಡೆಯಬಹುದು.

$$E = \frac{1}{2}\frac{R^2}{m}(Be)^2 \qquad \text{............(6.12)}$$

$$E = \frac{1}{2}\frac{R^2}{m}(2\pi f m)^2 \qquad \text{............(6.13)}$$

$$\boxed{E = 2\pi^2 R^2 f^2 m} \qquad \text{............(6.14)}$$

ಒಂದೇ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (B) ವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿಟ್ಟು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ (f) ಯನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದು ಅನುಕೂಲಕರವೆಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ.

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನವು ಕಣಕ್ಕೆ ಒದಗಿಸುವ ಪರಮಾವಧಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ D ಗಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಗೊಳಿಸಿದ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವಾಂತರವು ಕಾಣಿಸದೇ ಇರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಕಣವು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಮಹತ್ತಮ ಶಕ್ತಿಯು D ಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವ ವಿಭವಾಂತರದ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವದಿಲ್ಲ ಎಂಬುದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ವಿಭವಾಂತರವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ ಕಣವು ಅಧಿಕತಮ ವೇಗ ಅರ್ಥಾತ್ ಪರಮಾವಧಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವದಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಹಾಕಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ವಿಭವಾಂತರವು ಹೆಚ್ಚಿದ್ದರೆ ಸುತ್ತುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಎರಡೂ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಕಣದ ಪರಮಾವಧಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ f ಮತ್ತು R ಗಳ ವರ್ಗಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವದರಿಂದ D ಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವ ವಿಭವಾಂತರವು ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಮಾಡಲಾರದು.

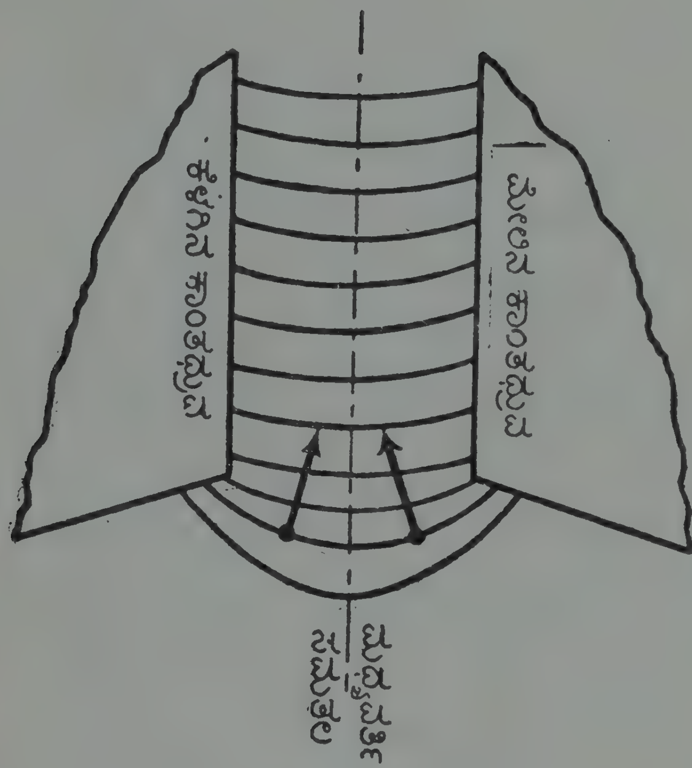
ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಹೇಳಿದಂತೆ, ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಯ ತೀವ್ರತೆ, ಕೋಶವೆಗಳ ನಡುವಿನ ಸ್ಥಳಗಳಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳ ಸಂಗಮೀಕರಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಸಂಗಮೀಕರಣವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಾಧಿಸಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಮುಂದೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಯ ಸಂಗಮೀಕರಣ

ಸಂಗಮೀಕೃತ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಾದರೆ ಸೈಕ್ಲೋ-ಟ್ರಾನದ 'D' ಗಳ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಕ್ರಿಯಾತಂತ್ರವೇನಾದರೂ ಬೇಕು. ಇಂಥ ಎರಡು ತಂತ್ರಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದನೆಯದು ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗಮೀಕರಣ. ಇದು ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಗಳಲ್ಲಿಯ ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ಸಂಗಮೀಕರಣವನ್ನು ಹೋಲುವಂತಹದು (ಪುಟ 29 ನೋಡಿರಿ). ಅದಕ್ಕೂ ಇದಕ್ಕೂ ಇಷ್ಟೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸ—ಅಲ್ಲಿ, ಅಕ್ಷೀಯ ಸಂಮಿತಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಸಮತಲೀಯ ಸಂಮಿತಿ ಇರುತ್ತದೆ. ರೋಸ್ ಮತ್ತು ವಿಲ್ಸನ್ ಅವರು ಅಯಾನುಗಳು Dಯಲ್ಲಿಯ ಪಥಗಳನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವಂತೆ, ಊರ್ಧ್ವ ಆಂದೋಲನಗಳಾಗತೊಡಗುತ್ತವೆಯೆಂದು ತೋರಿಸಿದರು. ಇಂಥ ಆಂದೋಲನಗಳು, ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಗಮೀಕರಣ ಮತ್ತು ಕಾಂತೀಯ ಸಂಗಮೀ ಕರಣ (ಕೆಳಗೆ ನೋಡಿರಿ) ಎರಡರಲ್ಲೂ ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಆಂದೋ ಲನ ವಿಸ್ತಾರ ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋದಂತೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಅಲ್ಲಿ ಕಾಂತೀಯ ಸಂಗಮೀಕರಣ ಹೆಚ್ಚು ಮಹತ್ವದ್ದಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು Dಯ ಅಂಚು ಗಳನ್ನು ಅಯಾನುಗಳು ತಲುಪುವುದರಲ್ಲಿ ಆಂದೋಲನಗಳ ವಿಸ್ತಾರ ಕಡಿಮೆ ಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಪಥದ ತ್ರಿಜ್ಯ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ, ಕಾಂತೀಯ ಸಂಗಮೀಕರಣ ಪ್ರಬಲವಾಗು ತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಅಂಚಿನ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆ. 11ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ, ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಸಮತಲದತ್ತ ಹೊರಳಿದ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಘಟಕ ಯಾವಾಗಲೂ ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ತರಹದ ಸಂಗಮೀಕರಣವನ್ನು ಬಲ ಪಡಿಸಲು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕೆಲಮಟ್ಟಿಗೆ, ಉದ್ದೇಶಪೂರ್ವಕವಾಗಿಯೇ ವಿಕೃತ ಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು, ತ್ರಿಜ್ಯ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ, ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ

ಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಕಡಿತ ಸುಮಾರಾಗಿ 3% ನಷ್ಟು ಆದರೆ ಒಳ್ಳೆಯದು.



ಚಿತ್ರ 11

ಕಣದ ಪರಮಾವಧಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವ ಅಂಶಗಳು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (B) ಮತ್ತು D ಕೋಷ್ಠದ ತ್ರಿಜ್ಯ (R) ವಾದ್ದರಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾದುದು ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ. ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಾಗಿ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಅಧಿಕತಮ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಸುಮಾರು 20,000 ಗಾಸ್‌ಗಳಾಗಿದೆ. ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡದಾದ ಅಮೇರಿಕೆಯ ಬರ್ಕಲೇ ಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಾಪಿಸಿದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳ ವ್ಯಾಸವು 60 ಅಂಗುಲಗಳಾಗಿದೆ. ಈ ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಭಾರವು ಸುಮಾರು 200 ಟನ್ನುಗಳು. ಈ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನಿನಿಂದ 24 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ಡ್ಯುಟಿರಾನ್ ಮತ್ತು 40 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ಅಲ್ಫಾಕಣ ಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇಂಗ್ಲೇಂಡಿನ ಲಿವರ್‌ಪೂಲದಲ್ಲಿಯ 37

ಅಂಗುಲ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಭಾರವು 70 ಟನ್ನುಗಳನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುತ್ತದೆ.

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಿದ ಕಣಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ಮಹತ್ವವನ್ನರಿತು 1940ರಲ್ಲಿ ಅದರ ಸೃಷ್ಟಿಕರ್ತ ಲಾರೆನ್ಸನನ್ನು ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವನ್ನಿತ್ತು ಗೌರವಿಸಲಾಯಿತು. ಆ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಲಾರೆನ್ಸನು ವಿನೀತನಾಗಿ ನುಡಿದ ವಾಕ್ಯವು ಈ ರೀತಿ ಇದೆ— "It goes without saying that it is the laboratory that is honoured and I share the honour with my co-workers past and present."

1942ರಲ್ಲಿ ಸೋವಿಯಟ್ ಯೂನಿಯನ್ನಿನ "ಅಕಾಡೆಮಿ ಆಫ್ ಸೈನ್ಸ್" ಸಂಸ್ಥೆಯು ಪ್ರಥಮ ಬಾರಿಗೆ ಸದಸ್ಯತ್ವವನ್ನು ನೀಡಿದ ನಾಲ್ಕು ಜನ ವಿದೇಶಿಯರಲ್ಲಿ ಲಾರೆನ್ಸನೂ ಒಬ್ಬ.

• •

7 ಸಿಂಕ್ರೋ-ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನು

ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಕಣವು Dಯ ಒಳಗಡೆಯ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಲು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಕಾಲವು $(\frac{T}{2})$, ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (m) ಮತ್ತು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ(B)ವನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಮೀಕರಣ (6.4) ರಿಂದ ನಾವು ಆಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯುಳ್ಳ ಕಣಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಭಾರವಾದ ಕಣಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು 10 ರಿಂದ 20 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ವರೆಗೆ, ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಯಾವ ತೊಂದರೆಯೂ ಆಗುವದಿಲ್ಲ. ಕಣದ ವೇಗವು ಅತ್ಯಧಿಕವಾದಾಗ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನನ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಮೇರೆಗೆ ಆದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಬದಲ ಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಸೂಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad \text{............(7.1)}$$

m_0 – ಕಣದ ವಿರಾಮ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ

m – ಕಣದ ವೇಗ v ಆಗಿದ್ದಾಗಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ

c – ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ

ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (m)ಯು ಆದರ ವೇಗ (v)ವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗ (c) ವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಂತೆಲ್ಲ ಹೆಚ್ಚಾಗುವದನ್ನು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾಗಿದೆ. 60 ಅಂಗುಲ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯು ಕಣವೆಂದರೆ 20 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್

ಶಕ್ತಿಯ ಡ್ಯುಟಿರಾನ್. ಈ ಕಣದ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ 0.145 ದಷ್ಟಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಕಣದ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಸಮೀಕರಣ (7·1)ರ ಪ್ರಕಾರ ವಿರಾಮ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ 1.01 ದಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ಆಂತೆಯೇ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ಕಾರ್ಯ ಬಹಳಷ್ಟು ಕುಂಠಿತವಾಗ ವದಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವಾಗ, ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಕಣವು Dಯ ಒಳಗಡೆಯ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲವು $\left(\frac{T}{2}\right)$ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಕಣವು ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಭವದೊಡನೆ "ಅವಸ್ಥೆ"ಯಲ್ಲಿರುವದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಕಣವು Dಗಳ ನಡುವಿನ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ತಲುಪುವದಿಲ್ಲ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಕಣವು ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳ್ಳುವದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಕಣವು ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಶಕ್ತಿಗೆ ಒಂದು ಮಿತಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ.

ಸಾಪೇಕ್ಷೀಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಹೆಚ್ಚಳಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶ ಕೊಟ್ಟು ಕೂಡ ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಲ್ಲ ವಿಚಾರವನ್ನು 1944 ರಲ್ಲಿ ರಸಿಯಾದ ವಿ. ವೆಕ್ಸಲರ್ ಮತ್ತು ಒಂದು ವರ್ಷದ ತರುವಾಯ ಅಮೇರಿಕದ ನ್ಯೂಮೆಕ್ಸಿಕೋದಲ್ಲಿನ ಲಾಸ್ ಅಲಾಮೋಸ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದ ಇ. ಎಮ್. ಮ್ಯಾಕ್ಮಿಲನ್ ಎಂಬವರು ಮಂಡಿಸಿದರು. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಾಧ್ಯತೆಗಳಿವೆ.

i) ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (m)ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ (B)ವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವದರಿಂದ, $\frac{B}{m}$ ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆಗ $\left(\frac{T}{2}\right)$ ಮೌಲ್ಯದ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಪರಿಣಾಮವೂ ಆಗುವದಿಲ್ಲ.

ii) ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿಟ್ಟು

$$f = \frac{Be}{2\pi m} \qquad \ldots.(7\cdot2)$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ (f) ಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದಾಗಿದೆ. ಆಗ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ

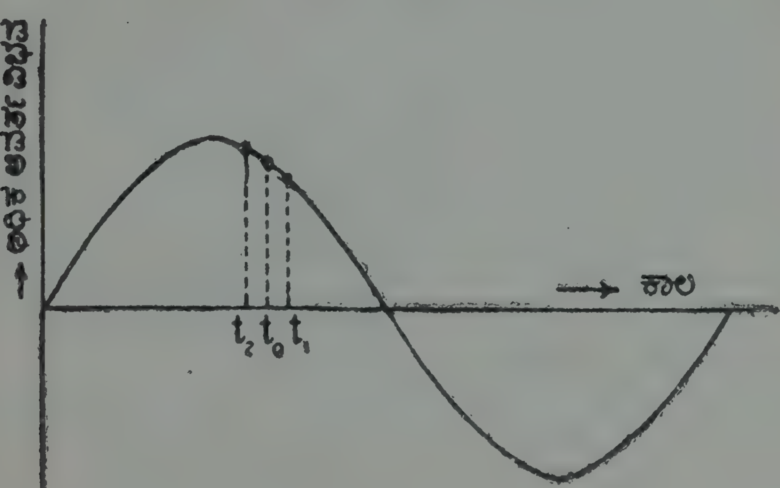
ಹೆಚ್ಚಿದರೂ, ಅದಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧ (fm) ವು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಮಿಲನ್ನನ ವಿಚಾರವು ಕೆಳಗಿನಂತಿದೆ.

ಎರಡು Dಗಳ ನಡುವಿನ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಬಾರಿ ಒಂದೇ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾದರೆ ಕೊನೆಯ Dಯಿಂದ ಇಚ್ಛಿತ ಶಕ್ತಿಯ ಅಯಾನುಗಳು ಹೊರಬೀಳಬಲ್ಲವು. ಹೀಗೆ ಪ್ರತಿ ಸಲ ಅಯಾನುಗಳು ಒಂದೇ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಬರದಿದ್ದರೆ ಹೊರಬರುವ ಅಯಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದುದು ಇರುವದಿಲ್ಲ. ಅಲ್ಲದೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಕಣಗಳು ಉಪಯುಕ್ತ ಪುಂಜದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಹೋಗುತ್ತವೆ. (ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ಅವಸ್ಥಾ ಸಂಗಮೀಕರಣ ನೋಡಿರಿ)

ಅಯಾನುಗಳ ಒಂದೇ ಅವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಕಾಯ್ದುಕೊಂಡು ಹೋಗಬೇಕಾದರೆ ಇಲ್ಲಿ ಈ ಕೆಳಗಿನ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಸತತವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದುವಾಗ ಅಯಾನುಗಳು ಹೇಗೆ ಒಂದೇ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿರುವವು ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಉದಾಹರಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 12

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕಣವು t_0 ದಿಂದ ಸೂಚಿಸಿದ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಬಿಂದುವು ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವ ಶೃಂಗದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಆಚೆಯಿರುವದನ್ನು ನಾವು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಒಂದು ವೇಳೆ, ಕಣವು ಯಾವಾಗಲೂ ಸರಿಯಾಗಿ ಅದೇ ಅವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಉಳಿದದ್ದೇ ಆದರೆ, ಪ್ರತಿ ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿಯೂ ಸರಿಯಾದ ಕ್ಷಣ (t_0) ದಲ್ಲಿ ತಲುಪಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಹೀಗಾಗದೆ, ಕಣವು ತಡವಾಗಿ t_1 ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ ಬಂದಿತೆಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಅಪ್ಪರಲ್ಲಿ (t_1 ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ) ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವು ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಣಕ್ಕೆ ನಿಯತವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಹೆಚ್ಚಳ ದೊರೆಯುವದಿಲ್ಲ. ಇದರಿಂದ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಳವಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಣಕ್ಕೆ Dಯಲ್ಲಿ ಕ್ರಮಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲವು $\left(\frac{T}{2}\right)$

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi m}{Be} \qquad \text{.........(7.3)}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದ ಮೇರೆಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿ (m ಕಡಿಮೆಯಾದ್ದರಿಂದ $\frac{T}{2}$ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.) ಕಣವು ಮುಂದಿನ ಸರದಿಯಲ್ಲಿ ಸರಿಯಾದ ಸಮಯಕ್ಕೆ (t_0) ತಲುಪುವದರಿಂದ t_0 ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಪೂರ್ಣ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವು ಕಣಕ್ಕೆ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ವೇಳೆ ಕಣವು, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಮುಂಚಿತವಾಗಿಯೇ (t_2) ಬಂದಿತೆಂದರೆ, t_2 ಸ್ಥಾನವು t_0 ಸ್ಥಾನಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವಲ್ಲಿರುವ ಕಾರಣ ಕಣವು ತಾನು ಪಡೆಯಬೇಕಾದುದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತದ್ವಾರಾ ಹೆಚ್ಚಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ $\frac{T}{2}$ ಮೌಲ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಮುಂದಿನ ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಕಣಕ್ಕೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಪಡೆಯುವ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ (t_0) ಬರಲು ಮೊದಲಿಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಮೊದಲು t_0 ಗಿಂತ ಪೂರ್ವ ಬರುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಈಗ ಸ್ವಲ್ಪ

ಹೆಚ್ಚು ಕಾಲ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವದರಿಂದ ಪುನಃ t_0 ದ ಹತ್ತಿರದ ಸಮಯಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಕಣದ ಸುತ್ತುವಿಕೆಯು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಬದಲಾಗುವ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ಮೇಳೈಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯವು ಮೇಳೈಸುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಲಕದ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಸದೃಶವಾಗಿರುವದರಿಂದ ಈ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಮ್ಯಾಕ್ಮಿಲನ್ನನು "ಸಿಂಕ್ರೋ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನು" ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟನು.

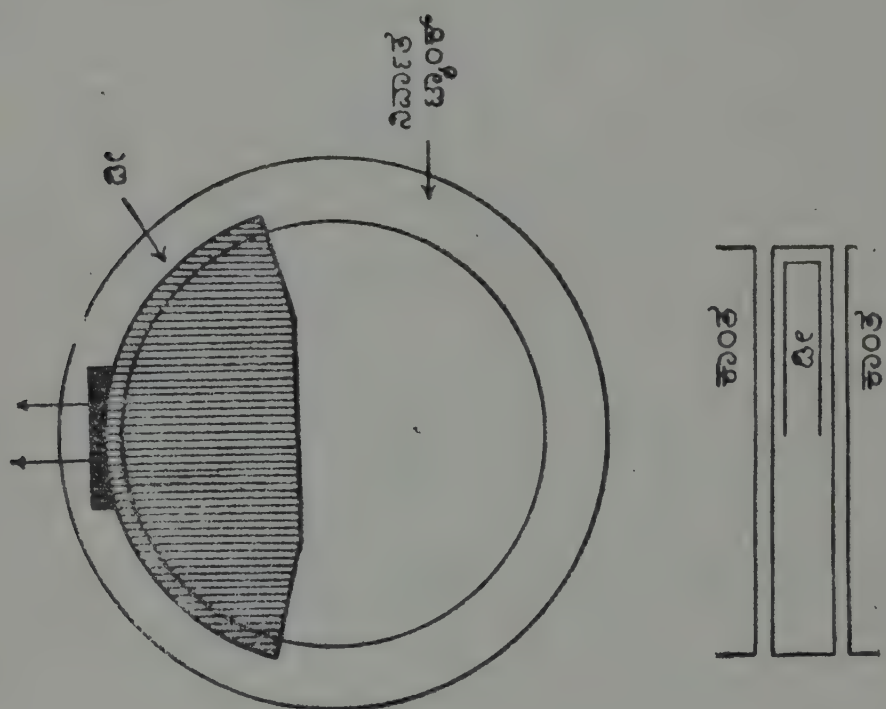
ಹಿಂದೆ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ಪರಿಚ್ಛೇದದಲ್ಲಿ (ಅವಸ್ಥಾ–ಸಂಗಮೀಕರಣ) ಹೇಳಿದಂತೆ ಇಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಅಯಾನುಗಳ ಭದ್ರ ಅವಸ್ಥೆ ಮತ್ತು ಅಭದ್ರ ಅವಸ್ಥೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಹೇಳಬಹುದು. ಅಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ, ಅಯಾನುಗಳು a (ಆ 9) ಯ ಸುತ್ತು ಹೊಯ್ದಾಡುತ್ತಿರುವ ಅವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ t_0, a ಗೆ ಸರಿಹೋಗುವಂತಹದು. ಆದ್ದರಿಂದ t_0 ದ ಸುತ್ತಲು ಅಯಾನುಗಳು ಅವಸ್ಥೆಯ ಹೊಯ್ದಾಟವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆಯೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇಂಥ ಕಕ್ಷೆಗಳಿಗೆ ಅವಸ್ಥಾಭದ್ರ ಕಕ್ಷೆಗಳು ಎನ್ನುತ್ತಾರೆ.

ಲಾರೆನ್ಸನು 60 ಅಂಗುಲ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ನಂತರ "ರಾಕ್ ಫೆಲ್ಲರ್ ಫೌಂಡೇಷನ್"ದಿಂದ ಬಹುಮಾನ ರೂಪದಲ್ಲಿ 1 ಮಿಲಿಯನ್ ಡಾಲರಗಳನ್ನು ಪಡೆದು, ಇದರಿಂದ ಸ್ಫೂರ್ತಿಗೊಂಡು 1940ರಲ್ಲಿ 4000 ಟನ್ನುಗಳಷ್ಟು ಭಾರವಿರುವ (3700 ಟನ್ನ ಉಕ್ಕು + 300 ಟನ್ ತಾಮ್ರ) ಮತ್ತು ಧ್ರುವಗಳ ವ್ಯಾಸವು 184 ಅಂಗುಲಗಳಿರುವ ಅಯಸ್ಕಾಂತವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಬೃಹದಾಕಾರದ "ಸಿಂಕ್ರೊ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನು" ಒಂದನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ಕಾರ್ಯೋನ್ಮುಖನಾದನು. ಬರ್ಕಲೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಸಿಂಕ್ರೋ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನು 1946ರ ನವೆಂಬರ ತಿಂಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡಲು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿತು. ಅಂದಿನಿಂದ ಈ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಸುಧಾರಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. 19·7 ರಲ್ಲಿ ಈ ಯಂತ್ರದಿಂದ 720 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೊಟಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಯಿತು.

ರಶಿಯಾದ ದೂಬ್ನಾ ಎಂಬಲ್ಲಿನ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್ ಇದಕ್ಕಿಂತಲೂ ದೊಡ್ಡದಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಅಯಸ್ಕಾಂತದ ಭಾರವು 7200 ಟನ

ಗಳು ಮತ್ತು ಅದರ ಧ್ರುವಗಳ ವ್ಯಾಸ 236 ಅಂಗುಲಗಳು. ಆದರೆ ಇದರಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ಅಧಿಕತಮ ಶಕ್ತಿಯು 680 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗಿದೆ.

ಸಾಪೇಕ್ಷೀಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಹೆಚ್ಚಳಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶ ಕೊಟ್ಟು ಕೂಡ ಕಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಲ್ಲ ಎರಡು ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಎರಡನೆಯ ವಿಧಾನವನ್ನೇ, ಅಂದರೆ Dಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸಿಂಕ್ರೋ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 13

ಕೆಳಗೆ ವಿವರಿಸುವ ಎರಡು ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಂಗತಿಗಳಿಂದ ಸಿಂಕ್ರೋ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನು, ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿದೆ ಎಂಬುದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

i) D ಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವ ಶೃಂಗ ವಿಭವಾಂತರವು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆಯಾಗಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಸಿಂಕ್ರೋ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ಇಂತಿಷ್ಟೇ ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಹಾಕಬೇಕೆಂಬ ನಿರ್ಬಂಧನೆ ಇಲ್ಲ. ಬರ್ಕಲೆಯಲ್ಲಿನ ಸಿಂಕ್ರೋ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ D ಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಕೇವಲ 15

ಕಿಲೋ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗಿದ್ದು ಅವರಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು 300 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ, ಅದು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನು ಆಗಿದ್ದರೆ D ಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಬೇಕಾದ ವೋಲ್ಟೇಜ್ ಸುಮಾರು 4 ಮಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗುತ್ತಿತ್ತು.

ii) ಈ ಉಪಕರಣದ ಇನ್ನೊಂದು ಮಹತ್ವದ ಗುಣಧರ್ಮವೆಂದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದು ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ದೂರ ಹೋದಂತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವಂತೆ ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಅಯಾನುಗಳ ಕೇಂದ್ರೀಕರಣ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಅವಸ್ಥೆಗೆ ಬಾಧೆ ಬರದಂತೆ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರವಣತೆಯನ್ನು ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿ ದೊರಕಿಸುವದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.

ಇದಲ್ಲದೆ D ಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುವ ಕಡಿಮೆ ವೋಲ್ಟೇಜ್‌ದಿಂದಲೇ ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಜನಗಳಿವೆ.

i) D ಗಳ ನಡುವಿನ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ದಕ್ಷತೆಯಿಂದ ಅಧಿಕ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ii) ಒಂದೇ ಒಂದು Dಯನ್ನು (ಚಿತ್ರ 10) ಬಳಸಬಹುದು. ಇನ್ನೊಂದು Dಗೆ ಬದಲಾಗಿ Dಯ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕಹೊಂದಿದ ಕೋಶ ಅಥವಾ ಒರೆ (Seath) ಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು D ಮತ್ತು B ಭೂಮಿಗಳ ನಡುವೆ ಜೋಡಿಸಬಹುದು. ಒಂದೇ Dಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವದರಿಂದ ನಿರ್ವಾತ ಟ್ಯಾಂಕಿನಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ಅಯಾನು ಆಕರ, ಗುರಿ, ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಗುರಿಯ ಮೇಲೆ ಎರಗುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಅಪಸಾರಕ ತಟ್ಟೆ ಮುಂತಾದ ಸಹಾಯಕ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನೊಳಪಡಿಸಬಹುದು. ಅಲ್ಲದೆ ಗುರಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಅಯಾನುಗಳ ಪಥದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಾನಗಳಲ್ಲಿ ಇಡಬಹುದಾದ್ದರಿಂದ, ಗುರಿಯನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಶಕ್ತಿಯ ಅಯಾನುಗಳಿಗೆ ಒಡ್ಡಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

iii) ಅಧಿಕ ಕಂಪನಾಂಕದ ಆವರ್ತಜನಕದ ದಕ್ಷತೆಯು ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

● ●

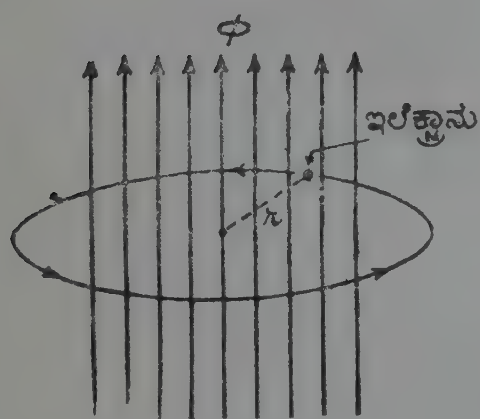
8 ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್

ಸುಮಾರು 1 Mev ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸುವದು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನಿನ ತತ್ವದ ಮೇಲೆ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ವ್ಯಾನ್. ಡಿ. ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ 10 ರಿಂದ 20 Mev ಗಳವರೆಗೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಂದರೆ 100 ಅಥವಾ 100ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು ಬೇರೆ ಸಾಧನಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಹೊಸ ಸಾಧನದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು M ಸ್ಟೇನ್‌ಬೆಕ್ ಎಂಬ ಜರ್ಮನಿಯ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಮೊದಲು ಕಂಡುಹಿಡಿದು 1936ರಲ್ಲಿ ಅದರ ಸ್ವಾಮ್ಯಪತ್ರವನ್ನು ಪಡೆದನು. ಆದರೆ ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಯಂತ್ರವನ್ನು ರಚಿಸಿದ ಕೀರ್ತಿ ಅಮೇರಿಕೆಯ ಇಲಿನಾಯಿಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ D. W. ಕರ್ಸ್ಟ ಎಂಬಾತನಿಗೆ ಸಲ್ಲುತ್ತದೆ. 1940ರಲ್ಲಿ ರಚಿಸಲಾದ ಈ ಉಪಕರಣವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು 2·3 Mev ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿತು. ಬೀಟಾ (β) ಕಣಗಳು ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಲ್ಲದೆ ಮತ್ತೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಈ ಹೊಸ ಯಂತ್ರಕ್ಕೆ ಕರ್ಸ್ಟ "ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್" ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಟ್ಟನು. 1942ರಲ್ಲಿ ಜನರಲ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಕಂಪನಿಯ ಸಹಕಾರದಿಂದ ಕರ್ಸ್ಟ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್‌ನಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು 20 Mev ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲಾಯಿತು. ಆ ಮೇಲೆ ಅದೇ ಸಂಸ್ಥೆಯೇ (GEC) 1943ರಲ್ಲಿ 100 Mev ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್‌ನ್ನು ತಯಾರಿಸಿತು. ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡದಾದ ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್ ಇಲಿನಾಯಿಸ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿದೆ. 1950ರಲ್ಲಿ ಇದರ ನಿರ್ಮಾಣ ಕಾರ್ಯ ಮುಗಿಯಿತು. ಇದು 350 ಟನ್ ಭಾರವಿರುವ ಆಯಸ್ಕಾಂತವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, 300 Mev ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತದೆ.

100 Mev ಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್ ಒಂದು ಸರಳ ಮತ್ತು ನೆಚ್ಚಬಹುದಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವಾಗಿದೆ.

ಬೀಟಾಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಬದಲಾಗದ ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ ಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಕಕ್ಷೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವ ಕಾಂತೀಯ ಫ್ಲಕ್ಸನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಸುತ್ತುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ವಿವರಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 14

r– ತ್ರಿಜ್ಯವಿರುವ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸುತ್ತುತ್ತದೆ. ಈ ಕಕ್ಷೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವ ಒಟ್ಟು ಕಾಂತೀಯ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ϕ ಆಗಿದೆ ಮತ್ತು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ರೇಖೆಗಳು ಕಕ್ಷೆಯ ಸಮತಲಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿವೆ. ಫ್ಲಕ್ಸ್ ϕ ಯನ್ನು $\frac{d\phi}{dt}$ ದರದಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲಾದ ವಿದ್ಯುಚ್ಚಲನ ಬಲ (e.m.f.) ε ಯು,

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \qquad \text{........ (8.1)} \text{ (ನ್ಯೂಮನ್ನನ ನಿಯಮ)}$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತಿಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಮೇಲೆ ಮಾಡಲಾದ ಕೆಲಸವು εe ಆಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ e ಎಂಬುದು ವಿದ್ಯುದಂಶ. ಈ ಕೆಲಸವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತಿರುವ ಟ್ಯಾಂಜೆನ್ಷಿಯಲ್ ಬಲ (tangential force) F ಮತ್ತು ಕಕ್ಷೆಯ ಉದ್ದ (path length) $2\pi r$ ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮ.

$$\therefore \ \varepsilon e = F.\ 2\pi r \qquad \text{............(8.2)}$$

$$\therefore \ F = \frac{\varepsilon e}{2\pi r} = \frac{-e}{2\pi r}\ \frac{d\phi}{dt} \qquad \text{................(8.3)}$$

ಈ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದು ಹೆಚ್ಚಿನ ತ್ರಿಜ್ಯವಿರುವ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುತ್ತದೆ. ಬದಲಾಗದ ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ ಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸುತ್ತಬೇಕಾದರೆ ಇದನ್ನು ಪ್ರತಿಘಟಿಸಬೇಕಾದುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯ

ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಮೇಲೆ ಆಂತರಿಕ ತ್ರಿಜ್ಯಗಾಮಿ ಬಲವು Bev. ಇದು ದತ್ತ ತ್ರಿಜ್ಯ (r) ದ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (m) ಮತ್ತು ಕೇಂದ್ರದಿಂದ ಆಚೆ ಇರುವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧಕ್ಕೆ ಸಮ.

ಅಂದರೆ $$Bev = \frac{mv^2}{r} \qquad \ldots\ldots (8.4)$$

$\therefore$ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ p ಯು

$$p = mv = Ber \qquad \ldots\ldots (8{\cdot}5)$$

ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಮೇಲಿರುವ ಟ್ಯಾಂಜೆನ್ಶಿಯಲ್ ಬಲವು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣದ ದರ $\left(\frac{dp}{dt}\right)$ಕ್ಕೆ ಸಮವಿರುತ್ತದೆ.

$$\therefore \quad F = \frac{dp}{dt} = er\frac{dB}{dt} \qquad \ldots\ldots (8\ 6)$$

ಆದ್ದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಸುತ್ತುವ ಕಕ್ಷೆಯ ತಿಜ್ಯ (r) ವನ್ನು ಸುರಕ್ಷಿತವಾಗಿಡಲು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಬಲಗಳು ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕವಾಗಿ ಸಮವಿರಬೇಕು.

$$\therefore \quad \frac{e}{2\pi r} \cdot \frac{d\phi}{dt} = er\frac{dB}{dt} \qquad \ldots\ldots (8\ 7)$$

$$\therefore \quad d\phi = 2\pi r^2 dB \qquad \ldots\ldots (8{\cdot}8)$$

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು O ಮತ್ತು B ಹಾಗೂ O ಮತ್ತು ϕ ಮಿತಿಗಳ ನಡುವೆ ಅನುಕಲಿಸಿದಾಗ

$$\phi = 2\pi r^2 B \qquad \ldots\ldots (8.9)$$

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ನಮಗೆ ಎರಡು ವಿಷಯಗಳು ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತವೆ,

i) B, ಕಕ್ಷೆಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೇಲಿರುವ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆ ϕ, ಈ ಕಕ್ಷೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವ ಒಟ್ಟು ಕಾಂತೀಯ ಫ್ಲಕ್ಸ್.

ಆದ್ದರಿಂದ, ಸರಾಸರಿ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆ

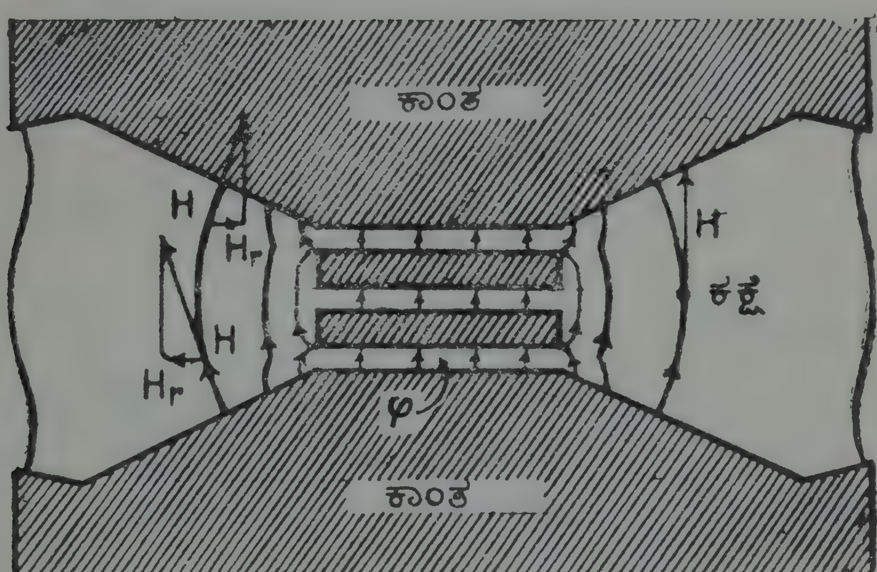
$$\bar{B} = \phi/\pi r^2 \text{ ಕಾರಣ } \bar{B} = 2B \qquad \cdots\cdots(8.9a)$$

ಈ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಶಬ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಹೇಳಬಹುದು.

ಕಕ್ಷೆಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಮೇಲೆ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆ (B) ಯು ಸಮರೂಪವಾಗಿದ್ದರೆ, ಒಟ್ಟು ಫ್ಲಕ್ಸ್ (ϕ) ದ ಮೌಲ್ಯವು ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಇಮ್ಮಡಿ (2B) ಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ii) ϕ ಯಾವಾಗಲೂ Bಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ತರದ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ವಿತರಣೆಯುನ್ನು ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾದ ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸುವುದರಿಂದ ಸಾಧಿಸಬಹುದು. ಈ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಕಕ್ಷೆಯ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿನ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕಕ್ಷೆಯ ಪರಿಧಿಯಲ್ಲಿನ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಬೀಟಾಟ್ರಾನಿನ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಬಹಳಷ್ಟು ನಿರ್ವಾತಗೊಳಿಸಿರುವ ಉಂಗುರಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಚಿಕ್ಕ ಬೀಟಾಟ್ರಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಕೊಳವೆಯನ್ನು ಗಾಜಿನಿಂದಲೂ, ದೊಡ್ಡ ಬೀಟಾಟ್ರಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಸಿರ್ಯಾಮಿಕ್ಸದಿಂದಲೂ ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ. ಈ ಕೊಳವೆಯ



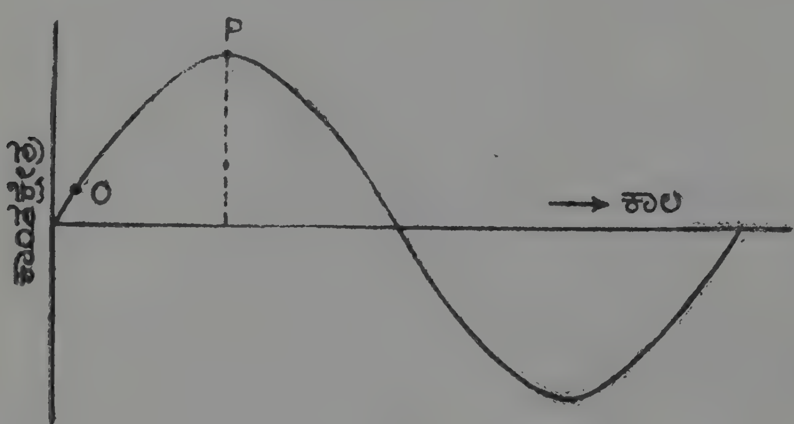
ಚಿತ್ರ 15

ಮೂಲಕ ಅಧಿಕಗೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತೀಯ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಒದಗಿಸಲು, ಕೊಳವೆಯನ್ನು ವಿಶೇ.ಷ ರೀತಿಯಿಂದ ತಯಾರಿಸಲಾದ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳ

ಪಡುವೆ ಇಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತದ ಸುರುಳಿಗಳಿಗೆ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವವನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಂತಧ್ರುವಗಳ ಆಕಾರವನ್ನು

$$\phi = 2\pi r^2 B \qquad \cdots\cdots(8{\cdot}10)$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹರಡಿಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ರಚಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಾಂತ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಿದ ಪರ್ಯಾಯ ವಿದ್ಯುತ್ತಿನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 60 ಸೈಕಲ್‌ಗಳಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು "ಕ್ವಾರ್ಟರ್ ಸೈಕಲ್"ದಲ್ಲಿಯೇ ಪಡೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಅದುವರೆಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ತು ಶೂನ್ಯದಿಂದ ಅದರ ಶೃಂಗ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ತಲುಪುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು P ಬಿಂದುವು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 16

ಮುಂಚಿತವಾಗಿಯೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅಧಿಕಗೊಳ್ಳಲು ಪ್ರಾರಂಭವಾದೊಡನೆಯೇ (ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ O ಬಿಂದು) ಉಂಗುರ ಆಕಾರದ ಕೊಳವೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಕಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಧಿಕಗೊಳ್ಳುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಅನೇಕ ಸಲ ಸುತ್ತುತ್ತವೆ. ಪ್ರತಿ ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬೆಲೆಯು P ಬಿಂದುವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಾಗ, ಅತ್ಯಂತ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊರ ತೆಗೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿ ಹೊರಬರುವ ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಗುರಿಯನ್ನು ಒಡ್ಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಬೀಟಾಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸತತವಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸದೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಕ್ಷಣಬಿಟ್ಟು ಕ್ಷಣ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಕಾರ್ಯ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೊರ ಬರುವ ಕಿರಣದ ತೀವ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಲಾರದು.

ಬೀಟಾಟ್ರಾನಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸರಳ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದಂತೆ ಉಂಗುರಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಬಿಡುವದಕ್ಕಿಂತ ಮುಂಚೆಯೇ ಅವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುವ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಮುಂದೆ ಮತ್ತಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ. ಉಂಗುರಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಹಾಯಿಸಿದಾಗ ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ಹೊರ ತೆಗೆದಾಗ ಇರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸರಾಸರಿ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ $\frac{2}{3}$ ಅಂದರೆ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 2×10^{10} ಸೆಂ. ಮೀ. ಎಂದು ಭಾವಿಸುವಾ. ಮಿತವಾದ (Moderate) ಬೀಟಾಟ್ರಾನಿನ ಉಂಗುರಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿನ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥದ ಉದ್ದವನ್ನು 300 ಸೆಂ. ಮೀ. ಎಂದು ತಿಳಿಯುವಾ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಈ ಪಥವನ್ನು $\frac{2 \times 10^{10}}{300}$ ಅಥವಾ $6{\cdot}7 \times 10^{7}$ ಸಲ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ.

ಪರ್ಯಾಯ ವಿಭವದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 60 ಸೈಕಲ್‌ಗಳಾದ್ದರಿಂದ, ಒಂದು ಸೈಕಲ್ಲಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಸಮಯ $\frac{1}{60}$ ಸೆಕೆಂಡ್. ಆದ್ದರಿಂದ $\frac{1}{4}$ ಸೈಕಲ್ಲಿಗೆ (ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ O ದಿಂದ P) ಬೇಕಾಗುವ ಸಮಯ $\frac{1}{60} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2400}$ ಸೆಕೆಂಡ್. ಇದೇ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಉಂಗುರಾ

ಕಾರಾದ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ $6{\cdot}7 \times 10^7 \times \frac{1}{2400}$ ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಅಂದರೆ 280,000 ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಹಾಕುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿ ಸುತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಪಡೆಯುವ ಸರಾಸರಿ ಶಕ್ತಿಯು 250 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಆದರೆ, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪಡೆದ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು 70,000,000 ev ಅಥವಾ 70 Mev ಆಗುತ್ತದೆ.

• •

9. ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್‌ಗಳು

ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್‌ಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ವಿಧಗಳಿವೆ. (i) ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್ (betatron-started Synchrotron) ಮತ್ತು (ii) ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್. ಈ ಎರಡು ಯಂತ್ರಗಳ ರಚನಾ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಬಹಳಷ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ.

ಹಿಂದೆ, ಸಿಂಕ್ರೊ-ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಅವಸ್ಥಾ-ಭದ್ರ ಕಕ್ಷೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಇಂಥ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುವ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಎರಡು ರೀತಿಯಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬಹುದೆಂಬುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿದೆ. (i) D ಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಿದ ಪರ್ಯಾಯ ವಿಭವದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡುವುದು ಒಂದು ರೀತಿಯಾಗಿದೆ. ಈ ಕ್ರಮವನ್ನು ಸಿಂಕ್ರೋ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಾವು ಈಗ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. (ii) ಕಾಂತೀಯ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಿಸುವದು ಎರಡನೆಯ ಕ್ರಮ. ಈ ಕ್ರಮವನ್ನೇ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೊಟ್ರಾನ್

ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೊಟ್ರಾನ್‌ನಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಮೊದಲಿಗೆ ಬೀಟಾ ಟ್ರಾನಿನ ಕಾರ್ಯವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ 2Mev ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಅವುಗಳ ವೇಗವು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದ ಶೇಕಡಾ 98 ರಷ್ಟಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಮುಂದೆ ಅವು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ "ಸ್ಥಿರ ವೇಗ"ದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅವುಗಳಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೊದಗಿಸಿದಂತೆಲ್ಲ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

ಬೀಟಾಟ್ರಾನಿನಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದ ಮೇಲೆ ಕೂಡ ಸ್ಥಿರಾವಸ್ಥೆ ಕಕ್ಷೆಯ ತತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವದು.

ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದು ಚಲಿಸುತ್ತಿರಲಿ. ಕಕ್ಷೆಯ ತ್ರಿಜ್ಯ (r). ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ, ವಿದ್ಯುದಂಶ ಮತ್ತು ಕೋನೀಯ ವೇಗ ಕ್ರಮವಾಗಿ m, e, ಮತ್ತು ω ಆಗಿರಲಿ.
ಆಗ,

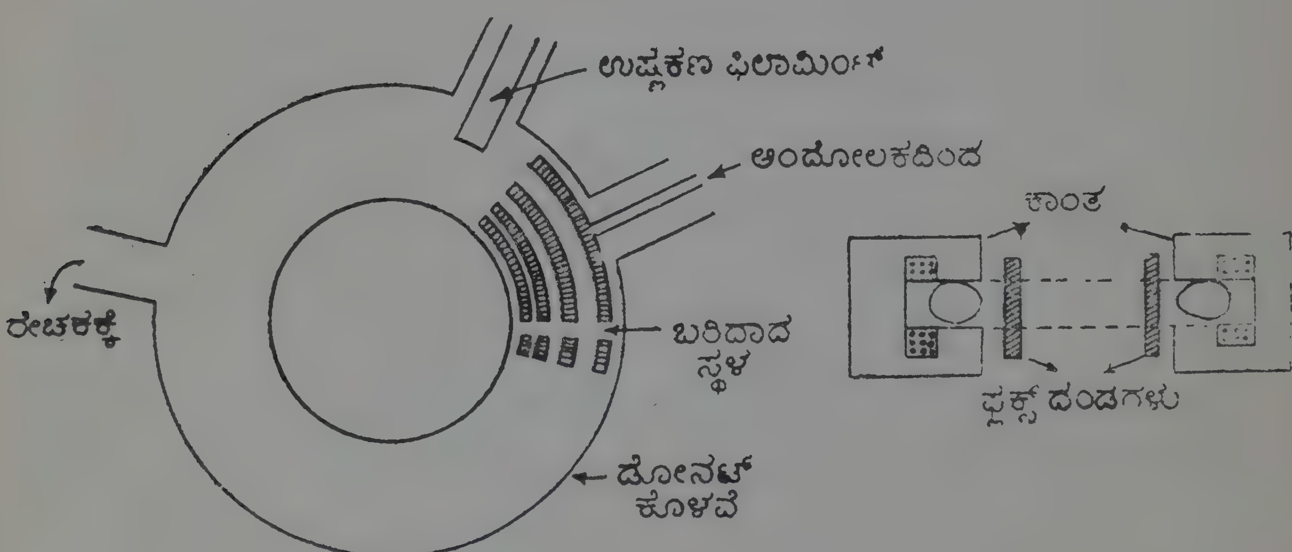
$$m\omega^2 r = Be\omega r \qquad \cdots\cdots\cdots (9.1)$$

B ಎಂಬುದು ಕಾಂತೀಯ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ಸಾಂದ್ರತೆ.

$$\therefore \quad \omega = \frac{Be}{m} \qquad \cdots\cdots\cdots (9.2)$$

ಸಾಪೇಕ್ಷ ವೇಗಗಳಿಂದ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು, B ಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವದು ಅವಶ್ಯ. ಆದರೆ ಕೋನಿಯ ವೇಗವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರಿಸಬೇಕಾದರೆ B ಯಲ್ಲಿನ ಹೆಚ್ಚಳ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಹೆಚ್ಚಳಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಆಗಬೇಕು.

ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನಿನ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 17

ಉಂಗುರಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿಡಲು ಬೀಟಾಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಬಳಸಿದಂತೆ ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಅಯಸ್ಕಾಂತವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ 2Mev ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗೆ ಇಲೆ

ಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ರೇಡಿಯೋ ಫ್ರಿಕ್ವೆನ್ಸಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. R. F ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಉಂಗುರಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯ ಒಳಗೋಡೆಗಳಲ್ಲಿನ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳ ನಡುವೆ ಒದಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

50,000 ದಿಂದ 100,000 ವೋಲ್ಟ್ ವಿಭವಾಂತರದ ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಉಂಗುರಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯೊಳಕ್ಕೆ ತಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಾರ್ಯದಿಂದಾಗಿ, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತುತ್ತವೆ. ಫ್ಲಕ್ಸ್ ದಂಡಗಳ ಮೂಲಕ ಉಂಟಾದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದಾಗಿ ಉಂಗುರಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಲಕ ಬಲವು (emf) ಪ್ರೇರೇಪಿತಗೊಂಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯವು ಬೀಟಾಟ್ರಾನಿನ ಕಾರ್ಯದಂತೆಯೇ ಇದೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು 2 ರಿಂದ 3Mev ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದ ನಂತರ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ದಂಡಗಳಲ್ಲಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಸಂತೃಪ್ತ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ತಲುಪಿರುತ್ತದೆ. ಫ್ಲಕ್ಸ್ ದಂಡಗಳನ್ನು ಉದ್ದೇಶಪೂರ್ವಕವಾಗಿಯೇ ಈ ರೀತಿ ರಚಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಫ್ಲಕ್ಸ್ ದಂಡಗಳು ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಲಕ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಅಂತೆಯೇ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಬೀಟಾಟ್ರಾನಿನ ಕಾರ್ಯ ಮುಗಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಹಂತದಲ್ಲಿ R.F. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪ್ರತಿಸಲ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುವಾಗ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಪರಿಭ್ರಮಣ ಕಾಲವು R. F. ಆಕರದ 'ಕಾಲ'ಕ್ಕೆ ಸಮವಿರಬೇಕು. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ಕೋನೀಯ ವೇಗವು

$$W = \frac{Be}{m} \qquad \text{.....................}(9.3)$$

ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ B ಮತ್ತು m ಪರಸ್ಪರ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುವದರಿಂದ ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ R. F. ಆಸಿಲೇಟರ್(oscillator)ನ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡನಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಿದ

ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅತ್ಯಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದನಂತರ ಹೊರ ತೆಗೆಯಲಾಗುವುದು.

ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್ ವಿಚಾರವನ್ನು ಓಲಿಫೆಂಟ್, ವೆಕ್ಸಲರ್ ಮತ್ತು ಮೆಕ್ಮಿಲನ್ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಸೂಚಿಸಿದ್ದರು. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್ ನಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸ ಬಹುದಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಸುಮಾರು 1000Mev ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಅನೇಕ ಹೊಸ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ರಚಿಸಲಾದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್‌ಗಳು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಕೆಳಗಿನವುಗಳು ಉದಾಹರಣೆಗಳಾಗಿವೆ.

(i) 1955ರಲ್ಲಿ ಕಾರ್ನೆಲ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾದ ಯಂತ್ರವು 2.2 Bev ಶಕ್ತಿಯ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ.

(ii) ಹಾರ್ವರ್ಡ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಮತ್ತು ಮಸಾಚುಸೆಟ್ಸ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆ ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಕೇಂಬ್ರಿಡ್ಜ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ (CEA) ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು 6 ರಿಂದ 7 Bevಗೆ ಏರಿಸಿದೆ.

ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್

ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್‌ನ ತತ್ವವು ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್‌ದಂತೆಯೇ ಇದೆ. ಆದರೆ ಪ್ರೋಟಾನುವು, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಗಿಂತ ಭಾರವಾದ ಕಣವಾದ್ದರಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್‌ನಲ್ಲಿ ಮೂಲಭೂತವಾದ ಎರಡು ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

(i) ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಬರಿದಾದ ಸ್ಥಳದ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಿದ R. F. ಆಕರದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿರಿಸದೆ, ಬಹಳಷ್ಟು ಬದಲಾಯಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

(ii) ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಮೊದಲಿನ 2Mev ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಆದರೆ ಭಾರವಾದ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಈ ರೀತಿ ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್

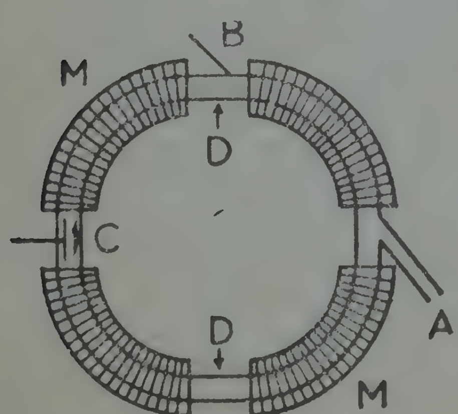
ಕಾರ್ಯದಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ಆಯಸ್ಕಾಂತದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿರುವದರಿಂದ ಈ ಕ್ರಮವು ಹೆಚ್ಚು ವೆಚ್ಚದ್ದಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂತೆಯೇ ವಾನ್-ಡಿ-ಗ್ರಾಫ್ ಅಥವಾ ಕಾಕ್ರಾಫ್ಟ್-ವಾಲ್ಟನ ಮಾದರಿಯ (ರೇಖೀಯ) ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಮುಂಚಿತವಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿ ನಂತರ ಪ್ರೋಟಾನ್-ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನಿಗೆ ಒದಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಎಲ್ಲ ಯಂತ್ರಗಳಿಗಿಂತಲೂ ಪ್ರೊಟಾನ್–ಸಿಂಕ್ರೋಟಾನ್‌ನಿಂದ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ಯಂತ್ರವನ್ನು ೧೯೪೩ ರಲ್ಲಿ ಓಲಿಫಂಟ್ ಮತ್ತು ೧೯೪೫ ರಲ್ಲಿ ಮೆಕ್ಮಿಲನ್ ಸೂಚಿಸಿದರು.

ಅಮೇರಿಕೆಯಲ್ಲಿನ ಬ್ರೂಕ್ ಹಾವನ್ ಯಂತ್ರವು 2.3 Bev ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೊಟಾನುಗಳಿನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ "ಕಾಸ್ಮೊಟ್ರಾನ್" ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಕೊಡಲಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ, ಇಷ್ಟೊಂದು ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಕಣಗಳನ್ನು ನೈಸರ್ಗಿಕವಾಗಿ ಕೇವಲ ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ "ವಿಶ್ವಕಿರಣ" (Cosmic rays)ಗಳಿಂದ ಮಾತ್ರ ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ.

ಪ್ರೊಟಾನುಗಳನ್ನು (6 Bev) ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವಂತೆ ರಚಿಸಲಾದ ಬರ್ಕಲಿ ಯಂತ್ರವನ್ನು "ಬಿವಾಟ್ರಾನ್" ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ಮೇಲಿನ ಎರಡು ಯಂತ್ರಗಳಿಗಿಂತಲೂ ದೊಡ್ಡದಾದ ಅಂದರೆ(10 Bev) ಶಕ್ತಿಯನ್ನೊದಗಿಸುವ ಯಂತ್ರವನ್ನು ಗಪ್ಪ್ಯಾದಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರೊಟಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನಿನ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 18

ನಾಲ್ಕು ಕಾಲು ಗೋಳ (quadrant) ಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ನೇರವಾದ ಕೊಳವೆಗಳಿಂದ ಜೋಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮುಂಚಿತವಾಗಿಯೇ 1 ರಿಂದ 10 Mev ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಉಂಗುರಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯೊಳಕ್ಕೆ ಒದಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉಂಗುರಾಕಾರದ

ಕೊಳವೆಯ ಒಂದು ನೇರವಾದ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಜೋಡಿಸಿರುವ "A" ಮುಖಾಂತರ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗುವದು. ಇನ್ನೊಂದು ನೇರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ "ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಕೇಂದ್ರ" (C) ಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿದೆ. R F. ಮೂಲ ದಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 3 ಅಥವಾ 4 ಮಿಲಿಯನ್ ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಹಾಕಿದ ನಂತರ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಅತ್ಯಧಿಕಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆ. ಈ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟಕ "B" ದಿಂದಹೊರ ತೆಗೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

10 ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಶಲಾಕೆಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ

(Colliding Beams Accelerator)

1932ರಲ್ಲಿ ಲಾರೆನ್ಸನಿಂದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನುವು ನಿರ್ಮಾಣವಾದಂದಿನಿಂದ ಪರಮಾಣು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕಣಗಳನ್ನು ಅತ್ಯಧಿಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಗೊಳಿಸಬಲ್ಲ ಪ್ರಬಲವಾದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಿಗಾಗಿ ಶ್ರಮಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಹಿಂದಿನ ಕೆಲ ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ಕಣಗಳಿಗೆ ಕೆಲವು ಬಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನೊದಗಿಸಬಲ್ಲ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್, ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್, ಬಿವಾಟ್ರಾನ್ ಮುಂತಾದ ಬೃಹತ್ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಯಿತು. ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿ ಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಒದಗಿಸಲಾದ ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ಕಣಗಳಿಂದ ನಿಶ್ಚಲ ಗುರಿಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸಿ ಇದರಿಂದುಂಟಾಗುವ ಅನೇಕ ವಿಧ ವಾದ ಉಪ ಪರಮಾಣು ಕಣಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಕಿರಣಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲಾಯಿತು.

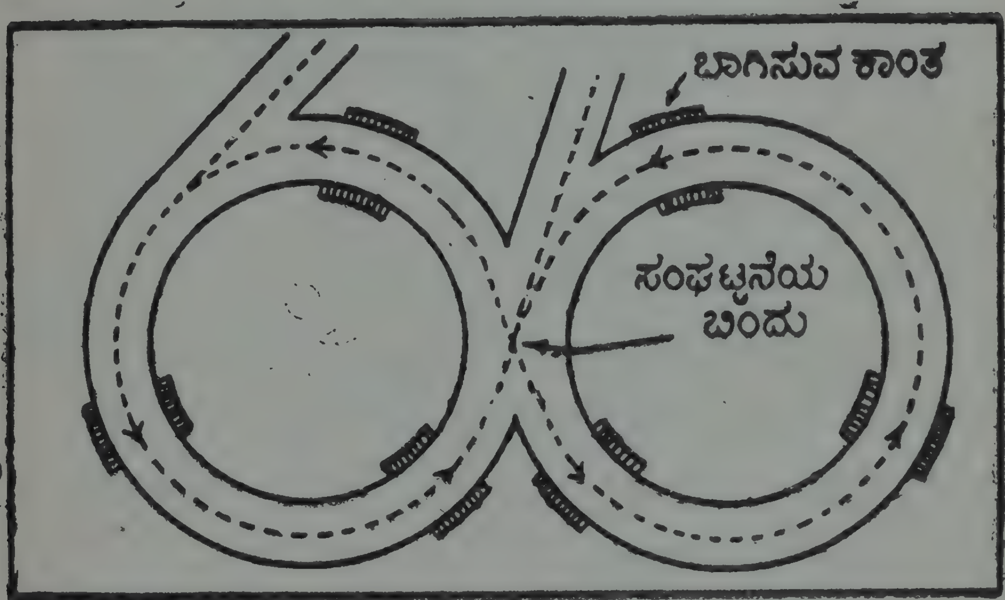
ಮೇಲೆ ವಿವರಿಸಿದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿಯ ಕ್ರಮಗಳು ಸರಳವಾದು ವಾದರೂ, ಬೆಳಕಿನ ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮೀಪವಾಗುವ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಅತ್ಯಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳಿಗೆ ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿ ಅನ್ವಯಿಸುವದಿಲ್ಲ. ಸಾಪೇಕ್ಷತಾಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ತಾಡಿಸುವ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಗುರಿಯ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ ಅನೇಕ ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಂಘಟ್ಟನೆಯ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ತಾಡಿಸುವ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಅತ್ಯಲ್ಪಭಾಗ ಮಾತ್ರ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಉಳಿದ ಶಕ್ತಿಯು ಗುರಿಯನ್ನು ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡು ವದಕ್ಕೆ ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಅತ್ಯಧಿಕ ವೆಚ್ಚದಿಂದ ಪಡೆದ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ವ್ಯರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ ತಾಡಿಸುವ ಕಣಗಳನ್ನು ನಿಶ್ಚಲ ಗುರಿಯೆಡೆಗೆ ಧಾವಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುವದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಸದೃಶ ಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಎರಡು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಶಲಾಕೆಗಳನ್ನು ಎದುರು ಬದುರಾಗಿ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಘಟ್ಟಿ

ಕುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಎರಡೂ ಶಲಾಕೆಗಳಲ್ಲಿನ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಹೆಚ್ಚಳವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವದರಿಂದ ಸಂಘಟ್ಟನೆಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಸಂಪೂರ್ಣ ಗತಿಶಕ್ತಿಯು "ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾ ಶಕ್ತಿ" (interaction energy) ಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕವಾದ ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಶಲಾಕೆಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಈ ತತ್ವವನ್ನಾಧರಿಸಿದೆ.

ಶಕ್ತಿಯ ಉಪಯೋಗದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಮೇಲಿನ ಹೊಸ ವಿಚಾರವು ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚು ದಕ್ಷವಾದುದೆಂದು ಕಂಡು ಬಂದರೂ ಇದಕ್ಕೆ ತನ್ನದೇ ಆದ ಕೆಲವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಮಿತಿಗಳಿವೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಗುರಿಯು ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿರುವದರಿಂದ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ದೊರೆಯುವ ಗುರಿಯ ಪರಮಾಣು ಗಳು (ಪ್ರತಿ ಚ. ಸೆಂ. ಮಿೂ. ಗೆ ಸುಮಾರು 10^{23}) ತಾಡಿಸುವ ಕಣಗಳಿಂದ (ಪ್ರತಿಸಿಡಿತದಲ್ಲಿ (Per burst) 10^8ದಿಂದ10^{12}) ಬಹಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಪಯುಕ್ತ ಸಂಘಟ್ಟನೆಗಳ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಶಲಾಕೆಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಗುರಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆ ಬಹಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗ ಬಹುದಾದ ಉಪಯುಕ್ತ ಸಂಘಟ್ಟನೆಗಳು ನಾವು ಎಣಿಸಿದಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳಷ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಶಲಾಕೆಯಲ್ಲಿನ ಕಣಗಳು ಇನ್ನೊಂದು ಶಲಾಕೆಯಲ್ಲಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವುದು ಅತಿ ವಿರಳ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಶಲಾಕೆಗಳ ತತ್ವವು ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಪದ್ಧತಿಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿರುವದರಿಂದ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಮಾನ್ಯತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿದೆ. ಇಂಥ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು ಸಧ್ಯಕ್ಕೆ ಅಮೇರಿಕಾ, ರಶಿಯಾ, ಫ್ರಾನ್ಸ್ ಮತ್ತು ಇಟಲಿ ದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯಮಾಡುತ್ತಿವೆ.

ಶಲಾಕೆಗಳಲ್ಲಿನ ಕಣಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯಿಂದುಂಟಾಗುವ ಮಿತಿಯನ್ನು ಹೋಗಲಾಡಿಸಲು ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಂದು ಹೊಸ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ. ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯಿಂದ ರಚಿಸಲಾದ "Intersecting storage rings" ಎಂಬ ಸಂಗ್ರಹಿಸುವ ಕೋಷ್ಠಗಳಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಶಲಾಕೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದೇ ಈ ಹೊಸ ವಿಧಾನವಾಗಿದೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ಯಂತ್ರಗಳಿಂದ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲಾದ ಕಣಗಳ ಶಲಾಕೆ

ಗಳನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಈ ಉಂಗುರಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರವೇಶಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉಂಗುರಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರವೇಶಿಸುವ ಶಲಾಕೆಗಳು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಉಂಗುರಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಛೇದಿಸುವ



ಚಿತ್ರ 19

ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಶಲಾಕೆಗಳ ಪಥಗಳು ಅಡ್ಡ ಹಾಯು (Cross)ವದರಿಂದ ಕಣಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಎದುರು ಬದುರಾಗಿ ಸಂಘಟ್ಟಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಕ್ರಮದ ಮೂಲ ಲಕ್ಷಣವೆಂದರೆ ಶಲಾಕೆಗಳನ್ನು ಹಲವು ಗಂಟೆಗಳ ವರೆಗೆ ಉಂಗುರಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸುವದಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಸಾಕಷ್ಟು ಸಮಯ ದೊರೆತು ಗಣನೀಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂಘಟ್ಟನೆಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಕಣಗಳೆರಡೂ ಬೆಳಕಿನ ವೇಗವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುವ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವಾಗ "ಪರಸ್ಪರ ಕ್ರಿಯಾಶಕ್ತಿ"ಯೂ ಅನೇಕ ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು 500 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಘಟ್ಟನೆಯು, ನಿಶ್ಚಲ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಮತ್ತು 1000,000 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಇನ್ನೊಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನೊಂದಿಗೆ ನಡೆಯುವ ಸಂಘಟ್ಟನೆಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು 1000,000 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವುದು ಯಾವ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಕ್ಕೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗದ ಮಾತಾಗಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ

ಶಲಾಕೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗವು ನಿಶ್ಚಲ ಗುರಿಯನ್ನು ಬಳಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿ ಎಂಬುದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ವಿಷಯದಿಂದ ಪ್ರಚೋದನೆಗೊಂಡು ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ನಡೆಸಲಾದ ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಶಲಾಕೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳು "ಪೈ-ಮೆಸಾನು" (Pi-meson) ಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ವಿವರವಾದ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ದೊರಕಿಸಿವೆ. 1971ರ ಜನವರಿ ತಿಂಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರೊಟಾನ್-ಪ್ರೊಟಾನ್ ವಿರುದ್ಧ ಶಲಾಕೆಗಳು (Counter beams) ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಪ್ರಥಮ "Intersecting-storage-rings" ಕಾರ್ಯಾರಂಭ ಮಾಡಿದವು. ಇದು ನಡೆದದ್ದು ಜಿನೇವಾದ "European Research Organisation" (CERN) ಎಂಬ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಂಗುರಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸಲಾದ ಕಣಗಳು ಜಗತ್ತಿನ ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಪ್ರೊಟಾನ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲೊಂದಾದ CERN ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್‌ನಿಂದ ಪಡೆದವುಗಳಾಗಿದ್ದವು.

"ಸಂಗ್ರಹಿಸುವ ಉಂಗುರಗಳ" ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಇನ್ನು ಸುಲಭವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲು, ಸದೃಶ ಕಣಗಳನ್ನು ಬಳಸುವದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಕಣ-ಪ್ರತಿಕಣಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಅವುಗಳನ್ನು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಗಿಸುವದರಿಂದ ಒಂದೇ ಒಂದು ಉಂಗುರವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಎರಡೂ ಶಲಾಕೆಗಳನ್ನು ಅದೇ ಕೋಷ್ಠದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬಹುದು. ಇದೇ ತತ್ವವನ್ನಾಧರಿಸಿ ರಶಿಯಾದ "Novosibirsk Institute of Nuclear Physics" ಎಂಬ ಸಂಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್-ಪೊಜಿಟ್ರಾನ್ ವಿರುದ್ಧ ಶಲಾಕೆಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೊಂದನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈಗ 25,000 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರೊಟಾನ್-ಪ್ರತಿ ಪ್ರೊಟಾನ್ ವಿರುದ್ಧ ಶಲಾಕೆಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೊಂದನ್ನು Novosibirsk ದಲ್ಲಿಯೇ ರಚಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈ ಯಂತ್ರವು 1,200,000 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗುವದಲ್ಲದೆ, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ 50 ಪಟ್ಟು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಹೊಸ ಯಂತ್ರದಿಂದ ಇದುವರೆಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯು

ವದಲ್ಲದೆ ಇಂದಿನ ಅತ್ಯಂತ ದೊಡ್ಡ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದಾದ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ 10 ಪಟ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಿರುವ ಕಣಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸ ಬಹುದೆಂಬುದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಅಭಿಮತವಾಗಿದೆ. ಈ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಮತ್ತು ಪೊಸಿಟ್ರಾನ್‌ಗಳನ್ನು ಕೂಡಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿದ್ರವ್ಯವನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಬೇಕೆಂದೂ ಅವರ ಇಚ್ಛೆಯಾಗಿದೆ.

● ●

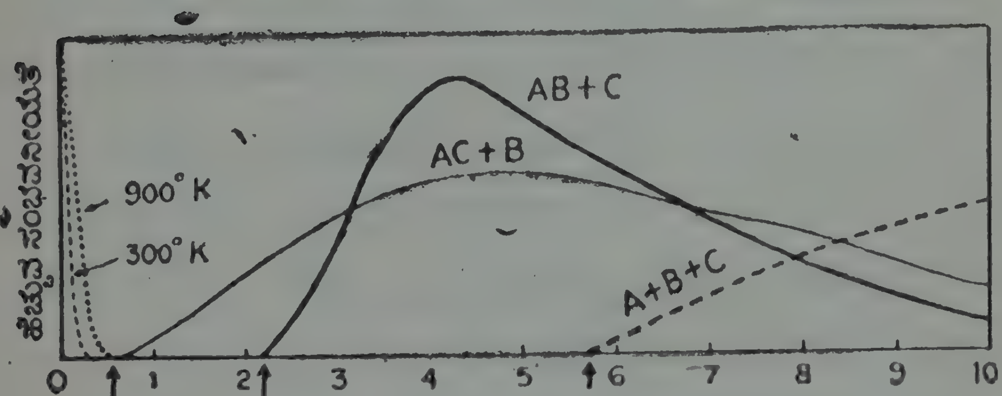
11. ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು

ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು ಕಣ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಿಗಿಂತ ತೀರ ಭಿನ್ನವಾಗಿವೆ. ರಸಾಯನ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಅಣುಗಳ ರಚನೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಾಶಸ್ತ್ಯ ನೀಡುತ್ತಾರೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆದಾಗ ಅಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನ ಗಳನ್ನು ಅಣುಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಾದ ಬದಲಾವಣೆಯಿಂದ ಅರಿತುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಅರಿತುಕೊಳ್ಳಲು ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ ಸುಲಭವಾಯಿತು. ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳ ಶಲಾಕೆಯ ವೇಗವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಅನೇಕ ಪರಮಾಣುಗಳು ಸಂಯೋಗ ಸಾಮರ್ಥ್ಯದ ನಿಯಮಕ್ಕೊಳ ಪಟ್ಟು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಅಂಟಿಕೊಂಡು ಅಣುಗಳಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವಿಕೆಯನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಅಣುಗಳಿಗೆ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನೊದಗಿಸಿದಾಗ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಮೊದಲಿದ್ದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧವು ಕಳಚಿ ಅವು ಬೇರೊಂದು ಬಗೆಯಲ್ಲಿ ಬಂಧಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧದ ವಿನ್ಯಾಸವು ಬೇರೆ ವಿಧವಾಗಿರುವದರಿಂದ ಅವುಗಳ ರಚನೆಯೂ ಬೇರೆಯಾಗಿರು ತ್ತದೆ. ಇದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ,ಸ್ಥೂಲ ಚಿತ್ರಣ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಬಂಧದ ಶಕ್ತಿ ಸುಮಾರು 3 ರಿಂದ 10 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯಬಹುದಾದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿಯನ್ನೊದಗಿಸಿ ನಡೆಯಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ರಾಸಾ ಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವ ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಇವುಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧ ವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಆಲೇಖವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ,

A ಹಾಗೂ BC ಎರಡು ರಾಸಾಯನಿಕ ವಸ್ತುಗಳು ಸೇರಿದಾಗ ಮೂರು ಬಗೆಯ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯುವಾ.

$$A + BC \longrightarrow AB + C$$
$$A + BC \longrightarrow AC + B$$
$$A + BC \longrightarrow A + B + C$$



ಚಿತ್ರ 20

ಕೆಲವೊಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯಬೇಕಾದರೆ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ದೊರೆಯುವ ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿಗಿಂತಲೂ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಕಳೆದ 10 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನುಂಟುಮಾಡಲು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ, ದ್ಯುತಿರಾಸಾಯನಿಕ, ಮುಂತಾದ ವಿಧಾನಗಳ ಶೋಧನೆಯಾಗಿವೆ. ಆದರೆ ಇವುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಉಷ್ಣ ಶಕ್ತಿವಿಧಾನದಲ್ಲಿಯ ನ್ಯೂನತೆಯೇ ಉಳಿದುಕೊಂಡಿತು. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವ ಶಕ್ತಿಯ ನಿಖರವಾದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡುವದು ತುಂಬಾ ಕಷ್ಟ ಸಾಧ್ಯವಿರುವದೇ ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. ಅಲ್ಲದೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸಿದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಂಘಟ್ಟಿಸುತ್ತಿರುವದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವ ಮೊದಲೇ ಅವುಗಳ ಗುಣಧರ್ಮಗಳು ಬದಲಾಗಿ ಬಿಟ್ಟಿರುವ ಸಂಭವವುಂಟು. ಅದರಲ್ಲಿಯೂ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕೋನೀಯ ವಿತರಣೆ ಈ ವಿವರಗಳು ಸಂಘಟ್ಟನೆಯ ನಂತರ ದೊರೆಯುವದಿಲ್ಲ.

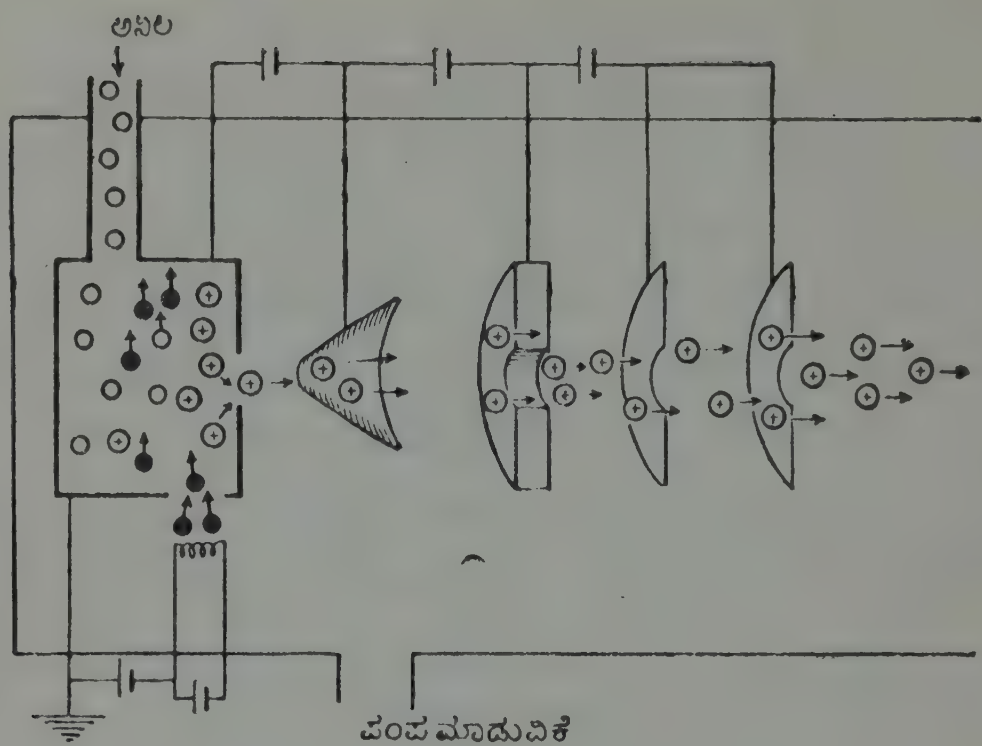
ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ಎರಡು ಬಗೆಯ ಅಣುಗಳನ್ನು ಶಲಾಕೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ಗೊತ್ತಿದ್ದ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ನಿರ್ವಾತದ ಮೂಲಕ ಕಳುಹಿಸುವದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ನಿವಾರಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ವೇಗವಾಗಿ ಧಾವಿಸುವ ಶಲಾಕೆಯು ಇನ್ನೊಂದು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಅಥವಾ ಗುರಿಯನ್ನು ತಾಡಿಸುವದರಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಇಂತಹ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಯಾವುದೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿ ಉತ್ಪನ್ನಗಳೂ ರೂಪುಗೊಳ್ಳ ಬಹುದಾದ ಸಂಭವನೀಯತೆಯನ್ನು ಕೂಡ ಅರಿತುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಂದು ವೇಳೆ ಅನಿಲ ಶಲಾಕೆಯು ತಾಡಿಸುವ ಗುರಿಯು ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ನಂತರ ಸಂಘಟ್ಟಿಸದಷ್ಟು ತೆಳುವಾದ ಅನಿಲ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಉತ್ಪನ್ನ ಗಳ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕೋನೀಯ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಬಹುದು.

1955ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಥಮಬಾರಿಗೆ ಅಮೇರಿಕೆಗೆ ಓಕ್‌ರಿಜ್‌ನ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಯ ಶೆಲ್ಡನ್ ಡಾಜ್ ಮತ್ತು ಎಲ್ಲಿಸನ್ ಎಚ್ ಟೇಲರ್ ಇವರು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ಅಣು ಶಲಾಕೆಯ ಅಭ್ಯಾಸವನ್ನು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಪೂರೈಸಿದರು. ಔಷ್ಣಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಸರಳ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸ್ವರೂಪ ವಿಷಯವಾಗಿ ಈ ವಿಧಾನವು ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರಣೆಯನ್ನಿತ್ತಿತು. ಅವರು ತಯಾರಿಸಿದ ಉಪಕರಣವು ರಾಸಾಯನಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ (0 ದಿಂದ 30 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳವರೆಗೆ) ಕಾರ್ಯಮಾಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಉಳ್ಳದ್ದಾಗಿತ್ತು. ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನೇ ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಯಿತು. ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನೊದಗಿಸಬಲ್ಲ ಅಣು ಶಲಾಕೆ ವಿಧಾನದ ಮೂಲತತ್ವ ನಮಗೆ ತುಂಬ ಸರಳವೆನಿಸಿದರೂ ಸೂಕ್ತವಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಅಣುಶಲಾಕೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸುವದು ತಾಂತ್ರಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಬಹು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವಾದ ಕಾರ್ಯ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅಣುಶಲಾಕೆಗಳುಂಟು ಮಾಡಿದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವದು ಕೂಡ ಅಷ್ಟೇ ಜಟಿಲವಾದ ಸಮಸ್ಯೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಕೂಡ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಸತತ ಪರಿಶ್ರಮದ ಫಲವಾಗಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ವಿನ್ಯಾಸ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ರಚನೆಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಸುಧಾರಣೆಗಳಾಗಿ, ಅವು ವ್ಯವಸ್ಥಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರೂಪುಗೊಂಡವು.

ಇಪ್ಪತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ಬರ್ಮಿಂಗ್ ಹ್ಯಾಮ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಟಿ. ಎಚ್. ಬುಲ್. ಮತ್ತು ಪಿ. ಬಿ. ಮೂನ್ ಎಂಬವರು ರಚಿಸಿದ ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೇ ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲಾದ ಪ್ರಥಮ ಪ್ರಯತ್ನವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಅವರು ರಚಿಸಿದ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ವೇಗದಿಂದ ಭ್ರಮಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಫಲಕವಿದ್ದು, ಅದರಲ್ಲಿದ್ದ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಕಾರ್ಬನ್ ಟೆಟ್ರಾ ಕ್ಲೋರೈಡ್ (CCl_4) ಅಣುಗಳು ಹಾಯುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅಣುಶಲಾಕೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಅಣುಶಲಾಕೆಯು ಸೀಸಿಯಂ ಅಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಇನ್ನೊಂದು ಮಂದಿರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವಾಗ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆದು ಸೀಸಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ, (ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಮೇಲ್ಮೈ ಅಯಾನೀಕರಣದಿಂದ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.) ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಬುಲ್ ಮತ್ತು ಮೂನ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಕಾರ್ಬನ್ ಟೆಟ್ರಾಕ್ಲೋರೈಡ್ ಅಣುಶಲಾಕೆಯ ಶಕ್ತಿಯು 0·5 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಇದ್ದಿತು. ಇದು ಅತ್ಯಂತ ಸಮರ್ಪಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವಿರದಿದ್ದರೂ ಕೂಡ ಇದು ಪ್ರಥಮ ಪ್ರಯೋಗವಾದ್ದರಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಐತಿಹಾಸಿಕ ಮಹತ್ವವಿದೆ.

ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವದಕ್ಕಿಂತ ವಿದ್ಯುತ್ ಪೂರಿತಕಣಗಳನ್ನು (ಉದಾ:- ಅಯಾನು, ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳು) ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವದು ಹೆಚ್ಚು ಸುಲಭ. ಧನ ಅಯಾನುಗಳು ಋಣ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರದ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುವಾಗ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಆರೋಪಿಸಿದ ವಿಭವಾಂತರ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣದ ಗುಣಲಬ್ಧದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಋಣ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ರಂಧ್ರವಿದ್ದರೆ, ಋಣ ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರದ ಕಡೆಗೆ ಧಾವಿಸುವ ಧನ ಅಯಾನುಗಳೆಲ್ಲ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಶಲಾಕೆಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತವೆ,

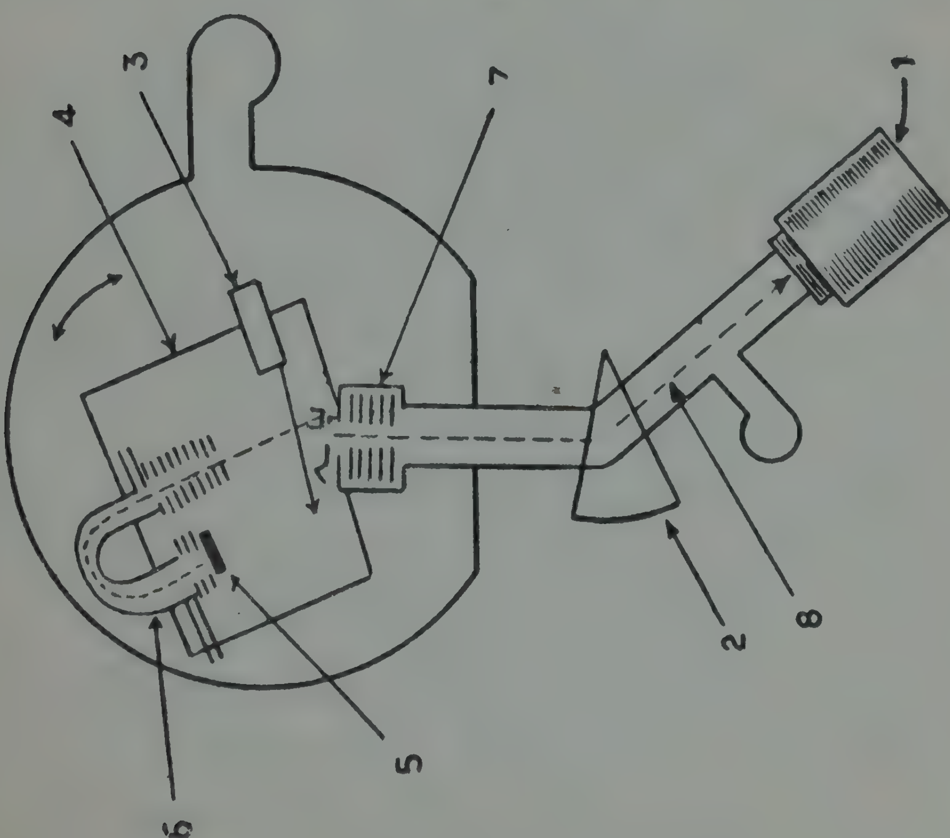
ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸುವ ಕ್ರಿಯಾತಂತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ತಂತುವಿನಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಅನಿಲ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗಿ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳನ್ನು ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿದಾಗ ಅಣುಗಳು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನೊಂದನ್ನು



ಚಿತ್ರ 21

ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಧನ ಅಯಾನುಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತವೆ, ಈ ಧನ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಫಲಕದಿಂದ ಆಕರ್ಷಿಸಿ ಅವೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಅನೇಕ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಸಂಗಮೀಕರಣ ಗೊಳಿಸುವಲ್ಲಿ ಮಸೂರಗಳು (Lenses) ವಹಿಸುವ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಯ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಈ ಫಲಕಗಳು ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಬರ್ಲಿನ್ನಿನ ಎ. ಹೆಂಗ್ಲಿನ್ ಮತ್ತು ಅವನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೊಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದರು. ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸಿದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಶಕ್ತಿ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವದು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ನಂತರ ಜನರಲ್ ಡೈನಮಿಕ್ಸ್ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಮಾರ್ಟಿನ್ ಎ, ಫೈನ್‌ಮನ್, ಆರ್. ಎಫ್. ಸೈಬಿಂಗ್ಸ್ ಮತ್ತು ಬಿ. ಆರ್. ಟರ್ನರ್ ಎಂಬುವರು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಎರಡು ಅಣು ಶಲಾಕೆಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಸಂಧಿಸಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯುಂಟಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೊಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದರು. ಈ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಕೋನೀಯ ವಿತರಣವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಅಯಾನು ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಿಗಿದ್ದ ಒಂದು ವಿಚಿತ್ರವಾದ ಗುಣವೆಂದರೆ, ಅವು ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಗಿಂತ, ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಆಯಾನು ಶಲಾಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅಯಾನುಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಬಗೆಯ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವುಳ್ಳವಾದ್ದರಿಂದ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ವಿಕರ್ಷಣೆಯಿಂದ ಅವೆಲ್ಲ ಸಿಡಿದು ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಈ ಕಾರ್ಯವು ಆಯಾನುಗಳ ಚಲನೆ ನಿಧಾನವಾಗಿದ್ದ ಅಂದರೆ ಅವು ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವಾಗಿದ್ದಾಗ ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿ ಅಧಿಕವಾಗಿದ್ದಾಗ, ಅವು ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವದರಿಂದ ಅವು ಸಿಡಿದು ಹೋಗುವ ಸಂಭವ ತೀರ ಕಡಿಮೆ. 1964ರಲ್ಲಿ ಯೇಲ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಹರ್ಮನ್, ಟಿಮೋಥಿ ರೋಸ್, ಜೇಮ್ಸ್ ಕರ್ಸ್ಟೆಟ್ಟರ್ ಮತ್ತು ರಿಚರ್ಡ್ ವುಲ್ಫ್‌ಗ್ಯಾಂಗ್ ಎಂಬುವರು ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯಿಂವ ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ಅಂದರೆ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಿಂತಲೂ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡಬಲ್ಲ ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೊಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದರು. ಈ



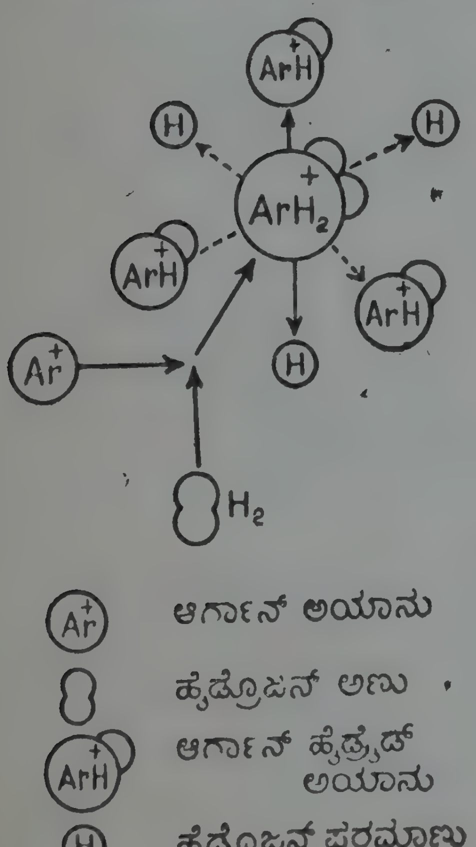
ಚಿತ್ರ 22

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕೋನೀಯ ವಿತರಣೆ ಎರಡನ್ನೂ ಅಳತೆಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಈ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಾವು ರಚಿಸಿದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಕ್ಕೆ "ಇವಾಟ್ರಾನ್" ಎಂದು ಹೆಸರು ಕೊಟ್ಟರು. ಇವಾಟ್ರಾನಿನ ರಚನೆಯ ಸ್ಥೂಲ ವಿನ್ಯಾಸವನ್ನು ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ, ಭ್ರಮಿಸಬಲ್ಲ ಒಂದು ಚೌಕಟ್ಟಿನಮೇಲೆ ಅಯಾನುಗಳ ಆಕರ, ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಫಲಕ, ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಅಣು ಶಲಾಕೆಯ ಆಕರಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ವಿಧಾನದಿಂದ ಅಯಾನುಗಳ ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡು, ಅದನ್ನು ಅನೇಕ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಫಲಕಗಳ ಮೂಲಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಬೇಕು. ಅಯಾನು ಗೋಲಕ (ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಫಲಕ)ಗಳ ಜಟಿಲವಾದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೊಳಪಡಿಸಿ ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಈ ರೀತಿ ದೊರೆತ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ 180° ಡಿಗ್ರಿ ಕೋನದಷ್ಟು ಬಗ್ಗಿಸಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಸೂಕ್ತವಾದ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಈ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಆಕರದಿಂದ ಬೇರೊಂದು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಬರುವ ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಅಣುಶಲಾಕೆಯು ಸಂಧಿಸುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆದು, ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸಿದ ಉತ್ಪನ್ನಗಳನ್ನು ಶಕ್ತಿ ವಿಶ್ಲೇಷಕದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ನಂತರ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಅವುಗಳು ಪಥವನ್ನು ಬಗ್ಗಿಸಿ ಡಿಟೆಕ್ಟರಿನಿಂದ ಅಭ್ಯಸಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಚೌಕಟ್ಟನ್ನು ತಿರುಗಿಸಲು ಬರುವದರಿಂದ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಅಣುಶಲಾಕೆಗಳು ವಿವಿಧ ಕೋನಗಳನ್ನುಂಟು ಮಾಡಿ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಧಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಕೋನೀಯ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಿ ಬಗ್ಗಿಸುವ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿ ಅವು ಅನೇಕ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ "ಗ್ರಿಡ್" ಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವದರಿಂದ ಕೇವಲ (ನಿಶ್ಚಿತ) ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಕ್ತಿಯ ಅಯಾನುಗಳು ಮಾತ್ರ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರವೇಶಿಸುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಶಕ್ತಿ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ಕೂಡ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಇವಾಟ್ರಾಸಿನಿಂದ, ಆರ್ಗಾನ್ ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೊಜನ್ ಅಣುವಿನೊಡನೆ ಸಂಯೋಗಹೊಂದಿ ಆರ್ಗಾನ್ ಹೈಡ್ರೈಡ್ ಅಯಾನು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ಅಭ್ಯಸಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

$$Ar^+ + H_2 \longrightarrow ArH^+ + H \qquad \text{—— (11·1)}$$

ಈ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ಎರಡು ವಿಧವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತಿರಬಹುದೆಂದು ತರ್ಕಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ, ಆರ್ಗಾನ್ ಅಯಾನು ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಣು ಸಂಧಿಸಿದಾಗ ArH_2^+ ಎಂಬ ಜಟಿಲ ಅಣು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಜಟಿಲ ಅಣುವಿನ ಅರ್ಧಾಯುಮಾನವು, ಅದು ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಸಾಕಷ್ಟು ಸುತ್ತುಗಳನ್ನು ಪೂರ್ತಿಗೊಳಿಸುವಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಿಗಿದ್ದರೆ, Ar^+ ಮತ್ತು H_2ಗಳ ಆವೇಗದ ಮೊತ್ತದಲ್ಲಿಯ ಹೆಚ್ಚಿನ ಭಾಗವನ್ನು ಆರ್ಗಾನ್ ಹೈಡ್ರೈಡ್ ಅಯಾನು ಪಡೆದುಕೊಂಡು ಬೃಹತ್ ಕೋನದೊಂದಿಗೆ ಚದುರಿ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

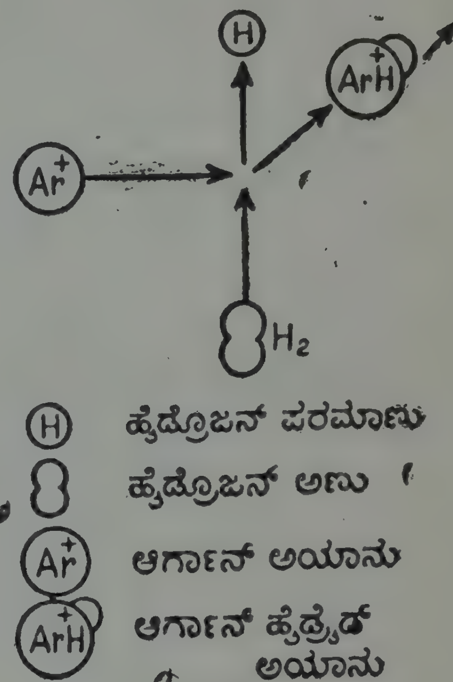


ಚಿತ್ರ 23

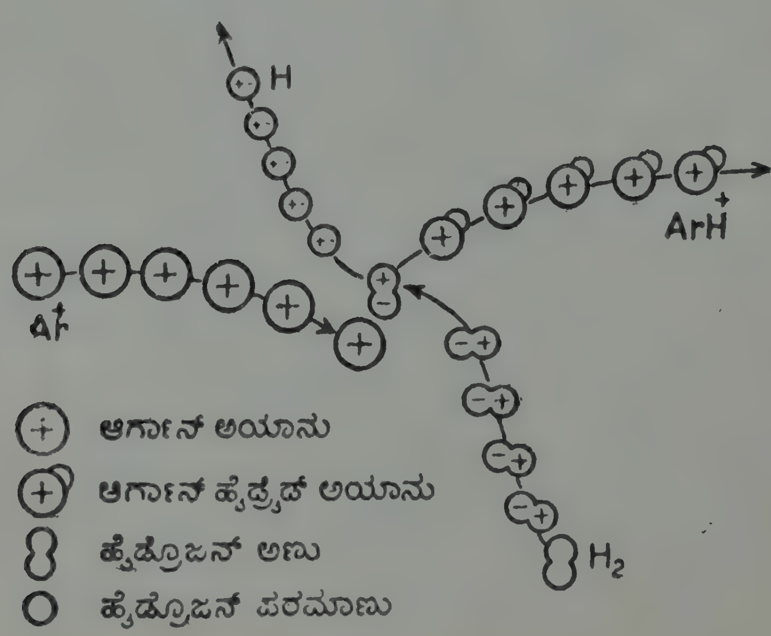
ಇನ್ನೊಂದು ಸೂಚನೆಯನ್ನು ಹೆಂಗ್ಲಿನ್ ಎಂಬಾತನು ಮಾಡಿದನು. ಅವನ ಸೂಚನೆಯ ಮೇರೆಗೆ ಆರ್ಗಾನ್ ಅಯಾನು (Ar^+) ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಣು (H_2) ಪರಸ್ಪರ ಸಂಧಿಸಿದಾಗ, ಆರ್ಗಾನ್ ಅಯಾನವು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಣುವಿನಲ್ಲಿರುವ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳ ಪೈಕಿ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಮಾತ್ರ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಆರ್ಗಾನ್ ಹೈಡ್ರೈಡ್ ಅಯಾನು ಆಗಿ ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಉಳಿದ ಇನ್ನೊಂದು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ನಿನ ಪರಮಾಣುವು ಮೊದಲಿನ ವೇಗದಿಂದಲೇ ಚಲಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಆರ್ಗಾನ್

ಹೈಡ್ರೈಡ್ ಅಯಾನವು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಣುವಿನ ಆವೇಗದ ಅರ್ಧದಷ್ಟನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪಡೆದುಕೊಂಡಂತಾಯಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಚದುರಿದ ಕೋನವು ಮೇಲಿನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ತರ್ಕಿಸಿದ್ದುದರ ಅರ್ಧದಷ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಆದರೆ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದ ಫಲಿತಾಂಶವು ಮೇಲಿನ ಎರಡೂ ಊಹೆಗಳಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿತ್ತು. ಅನೇಕ ಶಕ್ತಿಗಳ ಪರಿಮಾಣದಲ್ಲಿ ಚಿಕ್ಕದಾದ ಕೋನದೊಂದಿಗೆ ಅರ್ಗಾನ್ ಹೈಡ್ರೈಡ್‌ನ ಅಯಾನು ರೂಪುಗೊಳ್ಳುತ್ತಿತ್ತು. ಅಲ್ಲದೆ ಮೇಲಿನ ಎರಡೂ ಬಗೆಯ ಕ್ರಿಯಾತಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತರ್ಕಿಸಿದ್ದಕ್ಕಿಂತ ಅದರ ವೇಗ ಅಧಿಕವಾಗಿತ್ತು. ದೊರೆತ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಈ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯಬಹುದಾದ ರೀತಿಯು ಕೆಳಗಿನಂತಿರಬೇಕೆಂದು ತರ್ಕಿಸಲಾಯಿತು. ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ಇದೇ ಕ್ರಿಯಾತಂತ್ರವು ಸಮರ್ಪಕವೆಂದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 24

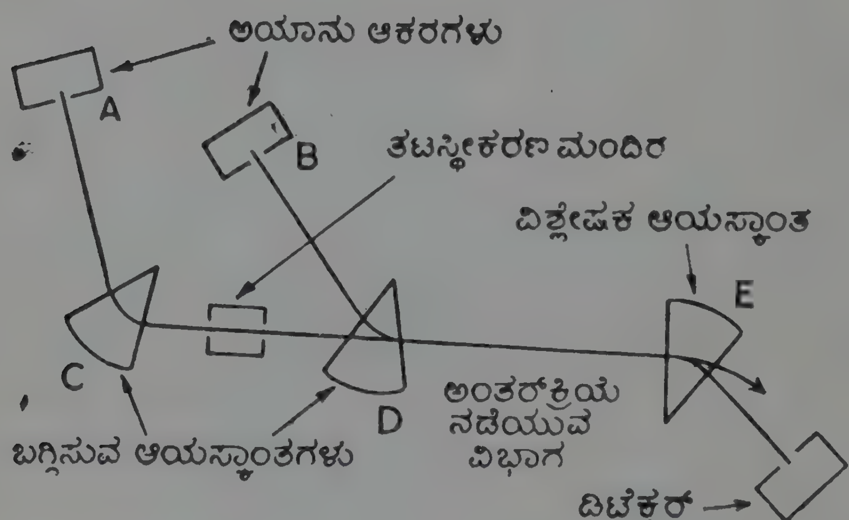


ಚಿತ್ರ 25

ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಅರ್ಗಾನ್ ಅಯಾನವು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಣುವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಾಗ ಅರ್ಗಾನ್ ಅಯಾನಿನ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವು ತನ್ನ ಸಮೀಪಕ್ಕಿದ್ದ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಣುವಿನ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಎಳೆಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಣುವಿನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವು ಧ್ರುವೀಕೃತ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಧ್ರುವೀಕೃತವಾದ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಣುವು ಮತ್ತು ಅರ್ಗ್ಗಾನ್ ಅಯಾನಿನ ನಡುವಿನ ಸ್ಥಾಯಿವಿದ್ಯುತ್ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲವು ಅವುಗಳನ್ನು ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟಗೊಳಿಸುವದರೊಂದಿಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಸಮೀಪಿಸುವಂತೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಅವೆರಡರ ಮಧ್ಯೆ ಸಂಪರ್ಕವೇರ್ಪಟ್ಟಾಕ್ಷಣ ಒಂದು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುವು ಅರ್ಗಾನ್ ಅಯಾನಿನೊಡನೆ ಸೇರಿಕೊಂಡು ಅರ್ಗಾನ್ ಹೈಡ್ರೈಡಿನ (ArH^+) ಅಯಾನಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಹೊಸದಾಗಿ ರೂಪುಗೊಂಡ ಅರ್ಗಾನ್ ಹೈಡ್ರೈಡಿನ ಅಯಾನು ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಣುವಿನಿಂದ ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿದುಕೊಂಡ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವು ಅಧಿಕವಾದ ತಮ್ಮ ಆವೇಗದ ಪರಿಮಾಣುವನ್ನು ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಸಂಘಟನೆಯಿಂದ ಅವುಗಳ ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕು ಮಾತ್ರ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ಅರ್ಗಾನ್ ಹೈಡ್ರೈಡಿನ ಅಯಾನವು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಧ್ರುವೀಕರಣವನ್ನು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವದರಿಂದ ಅವೆರಡರ ನಡುವಿನ ವೇಗಾಪಕರ್ಷಣವು ಕೂಡ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ನಂತರ ದೊರೆತ ಎರಡೂ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ArH^+ ಮತ್ತು H ಪರಮಾಣು) ವೇಗವು ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವದಕ್ಕಿಂತ ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿದ್ದ ಅಯಾನು ಹಾಗೂ ಅಣು ಇವುಗಳ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕ್ರಿಯೆಯ ನಂತರ ಅವುಗಳ ಚಲನೆಯ ಪಥವು ಮೂರು ಪರಮಾಣುಗಳು (Ar^+ ಮತ್ತು ಹೈಡ್ರೋಜನ್ನಿನ ಎರಡು) ಸಂಪರ್ಕದಲ್ಲಿದ್ದಾಗಿನ ಭೂಮಿತಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಆರಂಭದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಕಾರಣ ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಕೋನಿಯ ವಿತರಣೆ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳ ವಿತರಣೆಯು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಸಂಗತಿಗಳೊಂದಿಗೆ ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತವೆ.

ಇವಾಟ್ರಾನನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ (ಸುಮಾರು 1 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್) ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುವಂತೆ ರಚಿಸಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ ಅದು

ಔಷ್ಣಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ಅಧಿಕ ಮಿತಿಯಾದ 0.1 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟಿನಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುವಂತೆ ಹೊಸ ಉಪಾಯಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸಲಾಯಿತು. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಅಯಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಅದನ್ನು ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಅಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ ಬಹಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ ಶಕ್ತಿಯ ಹೆಚ್ಚಿನ ಭಾಗವು ಅವುಗಳಿಗೆ ಚಲನೆಯನ್ನು ಕೊಡುವಲ್ಲಿ ವೆಚ್ಚವಾಗಿ ಕೇವಲ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗ ಮಾತ್ರ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಭಾವವನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ವಸ್ತುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಭಿನ್ನವಾಗಿದ್ದರೆ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲುಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ಇನ್ನೊಂದು ವಿಧಾನವಿದೆ. ಅದನ್ನು ಅಂತರ್ಗತ ಶಲಾಕೆ ವಿಧಾನವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ವಿಧಾನದ ಕ್ರಿಯಾತಂತ್ರವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ

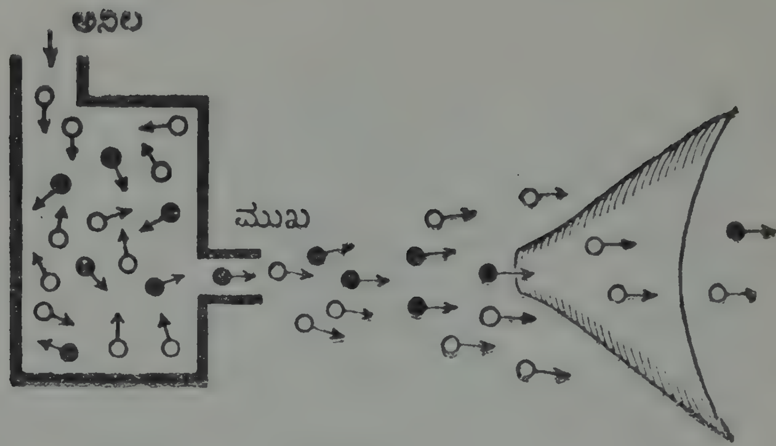


ಚಿತ್ರ 26

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ A ಹಾಗೂ B ಅಯಾನು ಆಕರಗಳಿದ್ದು C D ಹಾಗೂ E ಗಳು ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳಿರುತ್ತವೆ. A ಹಾಗೂ B ಆಕರಗಳಿಂದ ಬರುವ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಅಯಸ್ಕಾಂತಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ಅವುಗಳ ಪಥವನ್ನು ಬಗ್ಗಿಸಿ ಎರಡೂ ಶಲಾಕೆಗಳು ಒಂದೇ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಎರಡೂ ಶಲಾಕೆಗಳು (ಒಂದರೊಳಗೊಂದು) ಪರಸ್ಪರ ಲೀನವಾಗುತ್ತವೆ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಈ

ವಿಧಾನವನ್ನು ಅಂತರ್ಗತ ಶಲಾಕೆಯ ವಿಧಾನವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಹೀಗೆ ಅಂತರ್ಗತವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಶಲಾಕೆಗಳ ಪ್ರತಿಯೊಂದರ ವೇಗ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂತರ್ಗತವಾದಾಗ ನಡೆಯುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ಅವೆರಡೂ ಶಲಾಕೆಗಳ ಶಕ್ತಿಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಗಳು ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದಾಗ ಅವುಗಳ ವೇಗ ಎಷ್ಟೇ ಹೆಚ್ಚಿಗಿದ್ದರೂ ಅವುಗಳನ್ನು ಅಂತರ್ಗತಗೊಳಿಸಿ ಅವುಗಳ ವೇಗಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಿ ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಈ ವಿಧಾನವು ನೇರವಾಗಿ ಎರಡು ಅಯಾನುಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಹೆಚ್ಚು ಸೂಕ್ತವಾದ ವಿಧಾನವಾಗಿದೆ. ರಶಿಯಾ ಹಾಗೂ ಅಮೆರಿಕಾಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಅಯಾನು ಹಾಗು ಅಣುಗಳ ನಡುವೆ ಆಗುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ ವರ್ಗಾವಣೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಿದರು.

ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸುವದು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದಷ್ಟು ಸುಲಭವಲ್ಲ. ಇವುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವದಕ್ಕಾಗಿ ಬುಲ್ ಮತ್ತು ಮೂನ್ ತಯಾರಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ವಿವರವನ್ನಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇದೊಂದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವದಕ್ಕಾಗಿ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲೊಂದನ್ನು ಅಮೇರಿಕೆಯ ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಜಾನ್. ಬಿ. ಫೆನ್. ಜೇಮ್ಸ್ ಬಿ. ಆ್ಯಂಡರ್ಸನ್ ಮತ್ತು ಆರ್.ಪಿ. ಆ್ಯಂಡರ್ಸ್ ಹಾಗೂ ಟೊರಾಂಟೋ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಜೆ.ಡೆಕ್ಕರ್ಸ ಮತ್ತು ಕೇಂಬ್ರಿಜ್ಜಿನ ವಿಮಾನ ಬಲದ ಸಂಶೋಧನಾ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯ ಆಲ್ವಾ. ಟಿ. ಸ್ಟೇಅರ್ ಎಂಬವರು ಸೂಚಿಸಿದರು. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು ಮುನ್ನುಗ್ಗುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಚಕ್ರದ (ಬುಲ್ ಮತ್ತು ಮೂನ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ) ಬದಲಾಗಿ ಸಾಂದ್ರ ಅನಿಲವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಅನಿಲವನ್ನಿಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಅನಿಲವು ಅನೇಕ ವಿಧವಾದ (ಹಗುರಾದ, ಭಾರವಾದ) ಅಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ



ಚಿತ್ರ 27

ದ್ದಾಗ ಈ ಅಣುಗಳೆಲ್ಲ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಅಣುಗಳು ಮಂದಿರದ ಒಂದು ಬದಿಗಿನ ಮುಖದ ಮೂಲಕ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಅದರಿಂದ ಹೊರಬರುವಾಗ ಅಣುಗಳ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯು ನೇರ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಮುಖವು ಅಣುಗಳ ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದ ಚಲನೆಯನ್ನು ಪಡೆದು ಅವು ಹಿಂದೆ ಇಲ್ಲವೆ ಮುಂದೆ ಚಲಿಸಲು ಮಾತ್ರ ಅನುಕೂಲಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಅನಿಲವಿರುವದರಿಂದ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳು ಮುಖದಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಅಣುಗಳ ಹಿಂಬದಿಯ ಚಲನೆಯುನ್ನು ತಡೆದು ಅವು ಕೇವಲ ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ ಮುಖದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರುವಾಗ ಅಕ್ಕ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಅಣುಗಳು ನೇರವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಅಣುಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಇನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಅಣುಗಳೆಲ್ಲ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವೇಗದಿಂದ ಮುನ್ನಡೆಯುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಅಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಅವಿನ್ನೂ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಕಾರಣ ಅವು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಘಟ್ಟಿಸಿ, ಪರಸ್ಪರ ಶಕ್ತಿ ವಿನಿಮಯ ಮಾಡಿಕೊಂಡು ಮುಖದಿಂದ ಕೆಲವೊಂದು ದೂರವನ್ನು ಚಲಿಸುವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಸಮನಾದ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವೇಗವು ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯ ವೇಗಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಣುಗಳ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯಿಂದ ಶಬ್ದವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಚಲನೆಯಿಂದ ಶಬ್ದವು ಚಲಿಸುವ ವೇಗವನ್ನು

ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಣು ಪ್ರವಾಹದ ವೇಗವು ಶಬ್ದದ ವೇಗವನ್ನು ಮೀರಿರುವದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಶಬ್ದಾತೀತ ಪ್ರವಾಹವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ಸುಲಭವಾದ ವಿಧಾನದಿಂದ ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ ಔಷ್ಣಿಕ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗತಿಶಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ ಅವು ಶಲಾಕೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಮಂದಿರದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲವು ಕೋಣೆಯ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿದ್ದಾಗ ದೊರೆತ ಅಣು ಶಲಾಕೆಯ ಶಕ್ತಿಯು ಸುಮಾರು 0.1 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ತೀರ ಕಡಿಮೆ ಅಂದರೆ ಇದನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಣು ಶಲಾಕೆಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾದರೆ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕು. ಈ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಆಘಾತದ ಅಲೆಗಳಿಂದಾಗಲೀ ಇಲ್ಲವೇ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಆರ್ಕ್‌ನಿಂದಾಗಲೀ ಉಷ್ಣವನ್ನೊದಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕ್ಯಾಲಿಫೋರ್ನಿಯಾ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಎಲ್ಡನ್. ಎಲ್. ನುಥ್ (Knuth) ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾಆರ್ಕಿನಿಂದ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ ಸುಮಾರು 3 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಅಣು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಪಡೆಯುವಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಥರಾದರು.

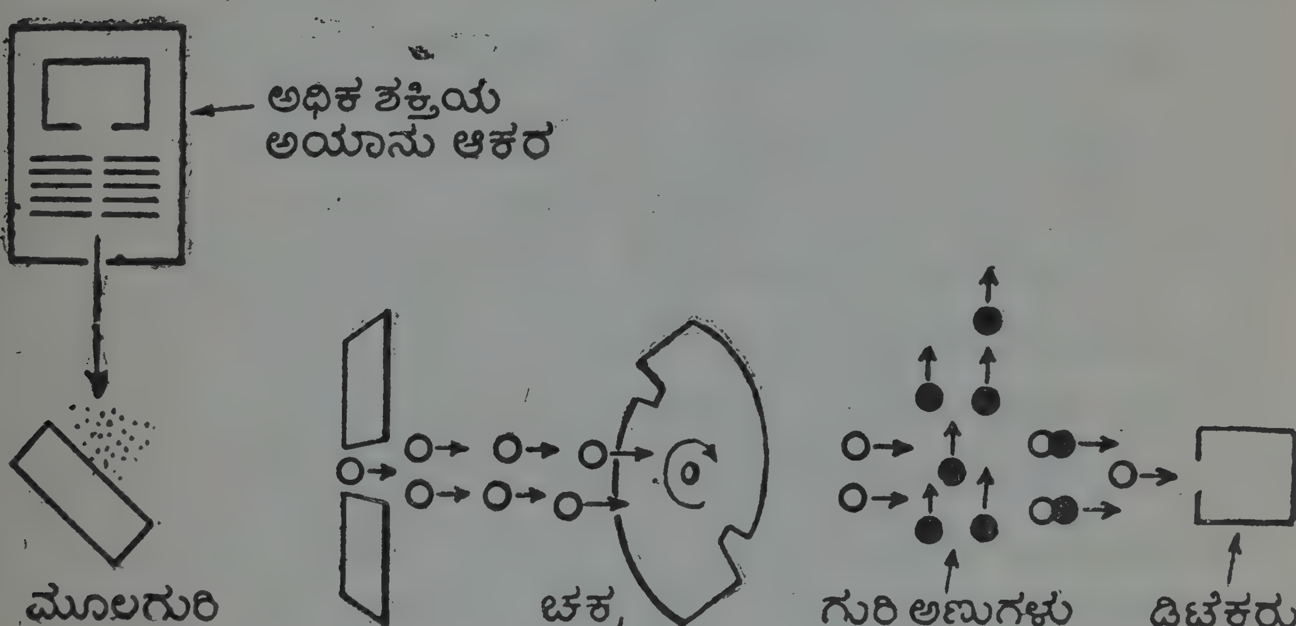
ಯಾವುದೇ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ಅಣುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಅಷ್ಟೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಜಲಜನಕದಂತಹ ಹಗುರವಾದ ಅಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗದಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಭಾರವಾದ ಅಣುಗಳು ಕಡಿಮೆ ವೇಗದಿಂದಲೂ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಮೇಲಿನ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅನಿಲ ಮಿಶ್ರಣದ ಅಣುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದಾದ ಹಗುರಾದ ಅಣುಗಳು ಭಾರವಾದ ಅಣುಗಳನ್ನು ತಮ್ಮೊಡನೆ ಎಳೆದೊಯ್ಯುವದರಿಂದ ಎಲ್ಲ ಅಣುಗಳ ವೇಗವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಾರಣ ಅವೆಲ್ಲವುಗಳ ಗತಿ ಶಕ್ತಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ. ಹಗುರಾದ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ m ಎಂದೂ ಭಾರವಾದ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ M ಎಂದೂ ತಿಳಿಯುವ. ಅವು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಂಡಾಗ ಅವುಗಳ ವೇಗ v ಇದ್ದರೆ, ಹಗುರವಾದ ಅಣುವಿನ ಗತಿ ಶಕ್ತಿಯು $\frac{1}{2}mv^2$ ಮತ್ತು ಭಾರವಾದ ಅಣುವಿನ ಗತಿಶಕ್ತಿಯು $\frac{1}{2}Mv^2$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಭಾರವಾದ ಅಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಹಗುರವಾದ

ಅಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಎಷ್ಟು ಪಟ್ಟು ಇರುತ್ತದೆಯೋ ಅಷ್ಟೇ ಪಟ್ಟು ಅದು ಹೆಚ್ಚು ಗತಿಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸೂತ್ರವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ರಿನ್ಸ್‌ಟನ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಫೆನ್ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ಭಾರವಾದ ಅಣುಗಳನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ 5 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಿದರು. ಕಡಿಮೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಅಣು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು ಶಬ್ದಾತೀತ ಪ್ರವಾಹ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿ-ಸುತ್ತಿದ್ದರೂ ಕೂಡ, ಕೇವಲ ಕೆಲವೊಂದು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಗುರುತಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೊಂದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಕಾರಣವಿದೆ. ಅದೆಂದರೆ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳಿಂದುಂಟಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಗ್ಯಾಲ್ವನಾಮೀಟರ್ ಅಥವಾ ಕ್ವಾಡ್ರೆಂಟ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರೊಮೀಟರ್ ಮುಂತಾದ ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಗುರುತಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದರೆ ಅಣುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸುಲಭವಾದ ವಿಧಾನಗಳಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕಿರುವ ಪರಿಹಾರವೆಂದರೆ ಅಣು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣು-ಗಳನ್ನೇ ಅಯಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿಬಿಡುವುದಾದರೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ವಿಧಾನದ ದಕ್ಷತೆಯು ತೀರ ಕಡಿಮೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ಉತ್ಪನ್ನ ಅಣುಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಗುರುತಿಸುವ ಬದಲಾಗಿ ಅವು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿ ಅವುಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಲಾಯಿತು. ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸಿದ ಅಣುಗಳು ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳವಾದ್ದರಿಂದ, ಅವು ರಕ್ತನೀಲವಿಕಿರಣರೂಪದಲ್ಲಿ ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುತ್ತವೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವ ಅನಿಲಗಳಿಂದ ಉತ್ಸರ್ಜಿತ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದವರಲ್ಲಿ ಟೋರಾಂಟೋ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಜೆ. ಸಿ. ಪೊಲಾನಿ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗನು. ಆದರೆ ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣವಿಧಾನವು ತೀರ ನಿದಾನ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನಗಳು ರಭಸದಿಂದ ಚಲಿಸುವದರಿಂದ ಅವು ವಿಕಿರಣ ಡಿಟೆಕ್ಟರಿನ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣವನ್ನು ಉತ್ಸರ್ಜಿಸುವ ಸಂಭವ ತೀರ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಕಣಗಳ

ಶಲಾಕೆಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುವದು ಎಷ್ಟು ಕಷ್ಟವೋ ಅವುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವುದೂ ಕೂಡ ಅಷ್ಟೇ ಕಷ್ಟದಾಯಕ. ಅಣು ಶಲಾಕೆಯ ತೀವ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಡಿಟೆಕ್ಟರನಿಂದಲೂ ಕೂಡ ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ವೇಳೆ ಅಣು ಶಲಾಕೆ ಕ್ಷೀಣವಾಗಿದ್ದರೆ ಅದನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ದಕ್ಷ ಡಿಟೆಕ್ಟರಿನಿಂದಲೂ ಗುರುತಿಸುವದು ಕಠಿಣವಾಗುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನೊಂದು ವಿಧಾನವೆಂದರೆ ಹಾರಾಟ ವಿಧಾನ" (Sputtering). ಇದರಲ್ಲಿ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆ (ಉದಾ:-40,000 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯ ಅರ್ಗಾನ್ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆ) ಯಿಂದ ಒಂದು ಘನವಸ್ತುವನ್ನು ತಾಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಆ ವಸ್ತುವು ತನ್ನ ಮೈಲ್ಮೈಯಿಂದ ತಟಸ್ಥ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ವಿಸ್ತೃತ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊರಸೂಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಪರಮಾಣುಗಳು ತಮ್ಮ ವೇಗಗಳಿಗೆ

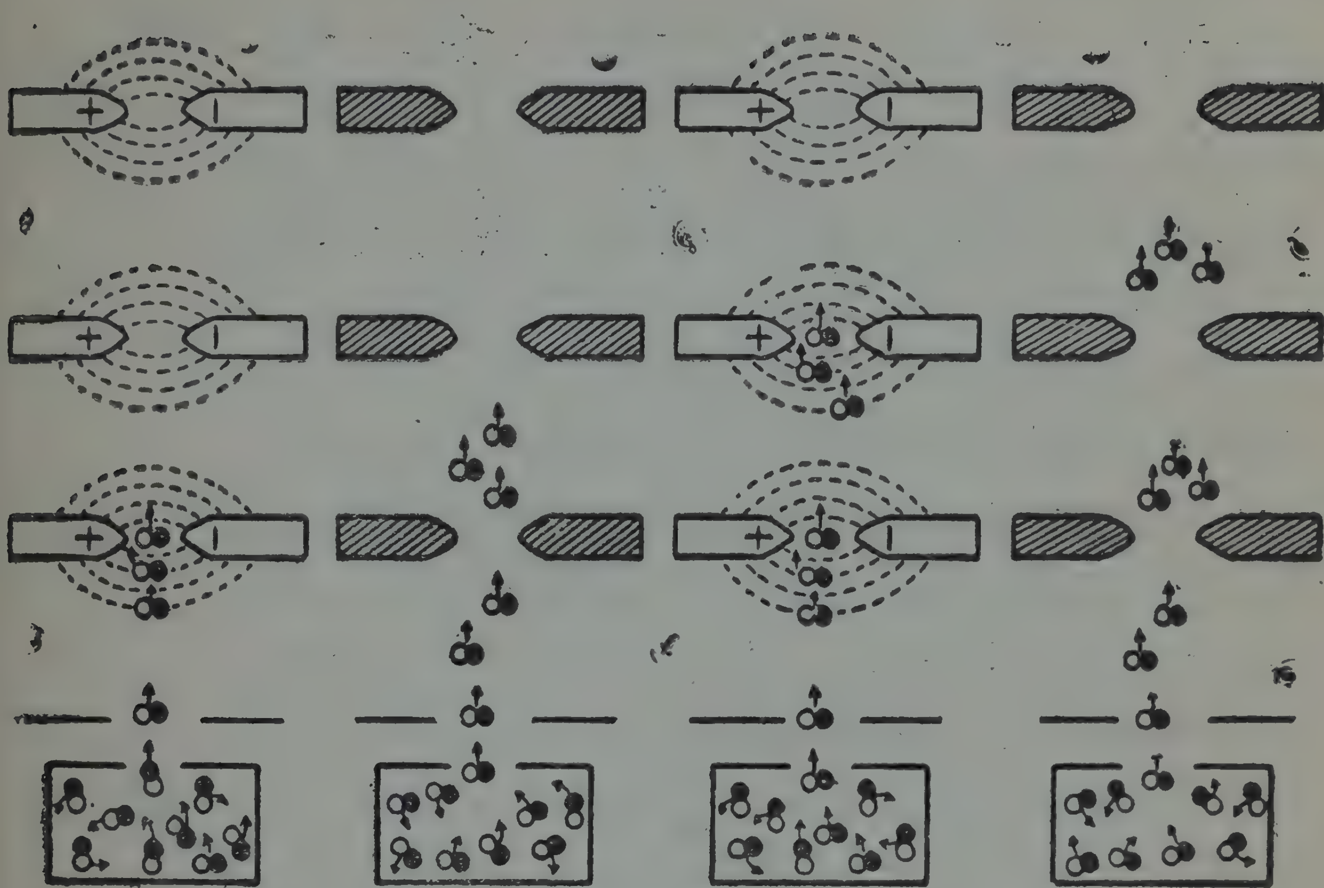


ಚಿತ್ರ- 28

ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವಿಸ್ತೃತ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸೀಳುರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತಹ ಚಕ್ರದೆಡೆಗೆ ಕಳುಹಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಚಕ್ರದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸೀಳು ರಂಧ್ರಗಳಿವೆ. ಈ ಚಕ್ರವು ವೇಗದಿಂದ ತನ್ನ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ಭ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ. ಸೂಕ್ತವಾದ ವೇಗದಿಂದ' ಸೂಕ್ತವೇಳೆಗೆ ಚಕ್ರವನ್ನು ತಲುಪಿದ ಪರಮಾಣುಗಳು ಮಾತ್ರ ಚಕ್ರದ

ಸೀಳು ರಂಧ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಉಳಿದ ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಚಕ್ರವು ತಡೆದು ಬಿಡುತ್ತದೆ. ಚಕ್ರದ ವೇಗ ಮತ್ತು ಘನವಸ್ತು (Solid target) ವನ್ನು ಅಯಾನುಗಳಿಂದ ತಾಡಿಸುವ ಕಾಲ ಇವುಗಳನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಿ ನಮಗೆ ಬೇಕಾದ ಶಕ್ತಿಯ ಅಣು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ ಆಮ್‌ಸ್ಟರ್ಡಾಮ್‌ನಲ್ಲಿ ಜೆ. ಎಮ್. ಲಾಸ್ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು, ಫ್ರೀಬರ್ಗ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಸಿ. ಷೀಲರ್ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಲಾಸ್' ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಪರಮಾಣುಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವಿನಿಮಯವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಿದ್ದಾನೆ.

ಅಣು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ದೊರಕಿಸಲು ಇನ್ನೊಂದು ವಿಧಾನವಿದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಬಗೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೊಳಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯು ಈ ಬಗೆಯ ಒಂದು ಬಲವಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ಈ ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಬಾರದಷ್ಟು ಕ್ಷೀಣವಾಗಿದೆ. ಈಗ ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ, ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಪರಮಾಣುವು ಭೂಮಿಯ ಗುರುತ್ವ ಕ್ಕೊಳಪಟ್ಟು ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಬೀಳಲು ಅವಕಾಶ ಕೊಟ್ಟರೆ, ಅದು ಒಂದು ಕಿಲೋಮೀಟರ್ ಕೆಳಗೆ ಬೀಳುವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಕೇವಲ $\frac{1}{10000}$ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ವೋಲ್ಟ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಗುರುತ್ವಕ್ಷೇತ್ರದ ಬದಲಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನುಪ-ಯೋಗಿಸಿ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಬೇಕಾದ ಅಣುವು ದ್ವಿಧ್ರುವ (Dipole) ವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಅಣುವಿನ ಒಂದು ತುದಿ ಧನ ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿ ಋಣವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಲ್ಲದೆ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವೂ ಕೂಡ, ವಿಜಾತೀಯ (inhomogeneous) ವಾಗಿರಬೇಕು. ಅಣುವಿನ ಧನ ಮತ್ತು ಋಣ ತುದಿಗಳು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಋಣ ಮತ್ತು ಧನ ಧ್ರುವಗಳಿಗೆ ಸಮೀಪ ವಾಗಿದ್ದರೆ, ಕ್ಷೇತ್ರವು ಅಣುವನ್ನು ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಬೃಹತ್ ಅಯ-ಸ್ಕಾಂತದ ಧ್ರುವಗಳು ಚಿಕ್ಕದಾದ ಅಯಸ್ಕಾಂತವನ್ನು ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳುವದಿಲ್ಲವೆ ? ಹಾಗೆ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಅಣುವು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.


ಚಿತ್ರ 29

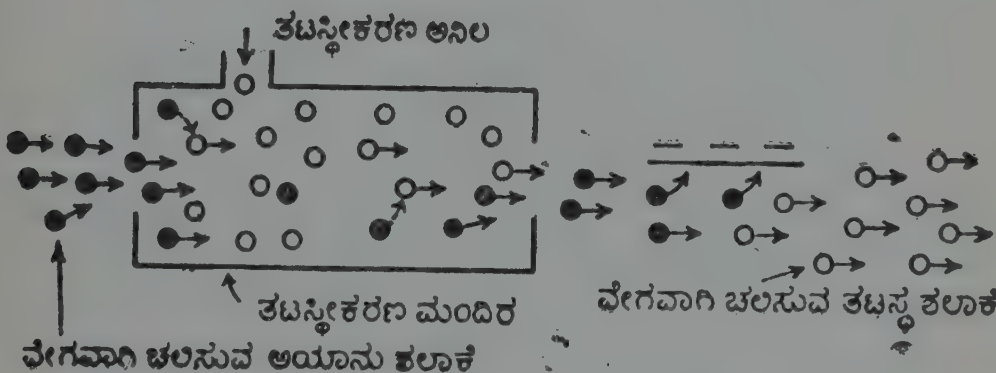
ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಒಮ್ಮೊಂದೊಮ್ಮೆ ತೆಗೆದು ಹಾಕಿದಾಗ ಅಣುವು ಧ್ರುವಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ, ಮತ್ತು ಸ್ಥಿರವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಅಣುವನ್ನು ಅದರ ಚಲನೆಯ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಬೇರೊಂದು ಜೊತೆಯ ಧ್ರುವಗಳಿಂದ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅಣುವು ಅವೆರಡೂ ಧ್ರುವಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಬಂದಾಗ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಅನೇಕ ಜೊತೆ ಧ್ರುವಗಳನ್ನು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿ ಪ್ರತಿ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು. ಅಮೇರಿಕಾದ ಚಿಕಾಗೋ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಲೆನಾರ್ಡ್ ವ್ಹಾರ್ಟನ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು 700 ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುವನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬಲ್ಲ ಈ ಬಗೆಯ ಉಪಕರಣವೊಂದನ್ನು ರಚಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಅಧಿಕ ದ್ವಿಧ್ರುವಭ್ರಾಮ್ಯತೆಯ ಲೀಥಿಯಂ ಫ್ಲೋರೈಡಿನಂತಹ ಅಣುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಪ್ರತಿ ಹಂತದಲ್ಲಿಯೂ ಅಣುವು ಸುಮಾರು 0.003 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್

ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಗಳಿಸುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕೇವಲ ಎರಡೇ ಎರಡು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆದ ಅಣುವನ್ನು ದೊರಕಿಸಬೇಕಾದರೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ಉದ್ದ 33 ಅಡಿ ಇರಬೇಕು. ಕಡಿಮೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡುವದರೊಂದಿಗೆ ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ತಗಲುವ ವೆಚ್ಚವೂ ಕೂಡಾ ಅಧಿಕವಾಗಿದೆ. ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾದ ವೇಗ ಮತ್ತು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ನಿರ್ದೇಶಿತ ಅಣು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ನೀಡಲು ಸಮರ್ಥವಾದ ಈ ಉಪಕರಣವು ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಹತ್ವ ದೊರಕಿಸಿದ್ದರಲ್ಲಿ ಔಚಿತ್ಯವಿದೆ.

ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವದಕ್ಕಿಂತ ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸುವುದು ಕಷ್ಟಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನು ಅಯಾನುಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಿ ತರುವಾಯ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಪುನಃ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನಗೊಳಿಸಬಾರದೇಕೆಂಬ ವಿಚಾರ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮನಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಸುಳಿದಿದ್ದರೆ ಆಶ್ಚರ್ಯವೇನಲ್ಲ. ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದವು. ಅಯಾನನ್ನು ಅಣು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವಾಗ, ಅದರ ವೇಗ ಮತ್ತು ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗಕೂಡದು. ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ತೆಗೆದು ಹಾಕುವದರಿಂದ ಇಲ್ಲವೆ ಸೇರಿಸುವದರಿಂದ ಈ ನಿಬಂಧನೆಯನ್ನು ಪೂರ್ತಿಗೊಳಿಸಬಹುದು. ಏಕೆಂದರೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ತೀರಕಡಿಮೆ ಇರುವದರಿಂದ ಅದರ ಆವೇಗವೂ ಕೂಡಾ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುವಿಗೆ ಸೇರಿಸುವದರಿಂದಲೇ ಇಲ್ಲವೆ ಅವುಗಳಿಂದ ತೆಗೆದು ಹಾಕುವದರಿಂದಾಗಲೀ ಆಗುವ ಪರಿಣಾಮವು ಉಪೇಕ್ಷಿಸಬಹುದಾದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ. ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಅಯಾನೀಕರಣಗೊಳಿಸುವದಕ್ಕಿಂತಲೂ, ಅಯಾನನ್ನು ಅಣು ಅಥವಾ ಪರಿಮಾಣುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವದು ಕಷ್ಟ ಸಾಧ್ಯ ಮತ್ತು ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಅದೇ ಮುಖ್ಯವಾದದ್ದೂ ಕೂಡ. ಋಣ ಅಯಾನಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಮತ್ತು ಧನ ಅಯಾನಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದಷ್ಟೇ. ಋಣ ಅಯಾನನ್ನು ಪ್ರಕಾಶದಿಂದ ಬೆಳಗಿಸಿ ಅದರಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ತೆಗೆದುಹಾಕಿ ಅಣು ಇಲ್ಲವೆ ಪರಮಾಣುವಾಗಿ

ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು. ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಯೇಲ್ ವೇಧ ಶಾಲೆಯ ಖಭೌತ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನಾದ ರೂಪರ್ಟ್ ವಿಲ್ಟ್ (Wildt) ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲಿಗೆ ಸೂಚಿಸಿದನು. ನಂತರ ಕೊಲೊರಾಡೊ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಮತ್ತು ಯೇಲ್ ವೇಧಶಾಲೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಜಂಟಿಯಾಗಿ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಈ ವಿದ್ಯಮಾನದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಶೋಧನೆ ನಡೆಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಅಯಾನನ್ನು ಅಣು ಅಥವಾ ಪರಮಾಣುವನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಖರವಾದ ಬೆಳಕು ಅತ್ಯವಶ್ಯ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ವಿಧಾನ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಬೇಕಾದರೆ ಲೇಸರ್ ಬೆಳಕಿನ ಆವಿಷ್ಕಾರವಾಗುವವರೆಗೆ ಕಾಯಬೇಕಾಯಿತು.

ಇದೇ ಕಾಲಕ್ಕೆ ಮೆಸಾಚುಸೆಟ್ಸ್ ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಆಯ್. ಆ್ಯಮ್ಡರ್ (I. Amdur) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿ ಮತ್ತು ಆತನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ಅಯಾನು ಗಳನ್ನು ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಇನ್ನೊಂದು ವಿಧಾನವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರು. ಅವರು ಸೂಚಿಸಿದ ತತ್ವವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದ ಉಪಕರಣದಿಂದ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 30

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಅಯಾನು ಶಲಾಕೆಯನ್ನು ತಟಸ್ಥೀಕರಣ (Neutralizing) ಅನಿಲ ತುಂಬಿದ ಮಂದಿರದಲ್ಲಿ ಹಾಯಿಸ ಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ ಕೆಲವೊಂದು ಅಯಾನುಗಳು ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳಿಂದ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಂಡು ಅಣು ಇಲ್ಲವೆ ಪರಮಾಣುವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಯಾಗಿ ಬಿಡುತ್ತವೆ. ಇನ್ನು ಕೆಲ ಅಯಾನುಗಳು ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿದುಬಿಡುತ್ತವೆ. ಈ ಶಲಾಕೆಯು ತಟಸ್ಥೀಕರಣ ಮಂದಿರದಿಂದ ಹೊರಬಂದು ನೇರವಾಗಿ ಚಲಿಸು

ತ್ತಿದ್ದಾಗ, ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿದ್ದ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಫಲಕದಿಂದ ಹಾಗೆಯೇ ಉಳಿದುಕೊಂಡ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಲಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಶಲಾಕೆಯಲ್ಲಿ ಉಳಿದ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಫಲಕವು ಸೆಳೆದುಕೊಳ್ಳುವದರಿಂದ ಕೇವಲ ಅಣು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣು (ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ)ಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಶಲಾಕೆಯು ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ವವನ್ನುಪಯೋಗಿಸಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಥಮ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಡೆನೆವರ್ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ನೈಲ್ ಉಟ್ಟರ್ ಬ್ಯಾಕ್ ಮತ್ತು ರಾಬರ್ಟ್. ಸಿ. ಆ್ಯಮೆ ಎಂಬವರು ಮಾಡಿದರು. ಅವರು ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಅಣುಗಳಾದ ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲದ ಮೊನಾಕ್ಸೈಡ್‌ಗಳ ನಡುವಿನ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಅಭ್ಯಸಿಸಿದರು, ಈ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

$$N_2 + CO \rightarrow \overset{-}{CN} + \overset{+}{NO} \qquad \text{.................(11. 2)}$$

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಅಣುಗಳು ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವದಿಲ್ಲ. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಮೇಲಿನ ಕ್ರಿಯೆಯೊಂದು ಅಪವಾದವೇ ಸರಿ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸಿದ ಉತ್ಪನ್ನವು ವಿಕಿರಣಶೀಲವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅದನ್ನು ಗುರುತಿಸುವದು ಅತ್ಯಂತ ಸುಲಭ. ಇಂತಹ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸುವದರಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಬಹು ಪ್ರಯೋಜನಕಾರಿಯಾಗಿ ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ. ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ ಟ್ರೀಷಿಯಂ, ಕಾರ್ಬನ್–14 ಗಳನ್ನು ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೀಡಲಾಗಿದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆದಾಗ ಗತಿಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನೂ ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಿಂದ ಅಭ್ಯಸಿಸಲಾಗಿದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಕೆಲವೊಂದು ಸುಧಾರಣೆಗಳಾದಲ್ಲಿ ಜ್ವಾಲೆಗಳ ಅಂತರ್ಯದಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳ ವಿಷಯವಾಗಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ವಿವರಣೆ ದೊರೆಯುವ ಆಶೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳದಾಗಿದೆ.

● ●

12. ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳು

ಇತ್ತೀಚಿನ ಹಲವಾರು ವರುಷಗಳಲ್ಲಿ, ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳನ್ನು ಯೋಜಿಸಿ, ಕಟ್ಟುವ ಕಾರ್ಯ ಸಾಗಿದೆ. ಸ್ವಿಟ್ಜರ್ಲಂಡದಲ್ಲಿ, ಅಮೇರಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟರಲ್ಲಿಯೇ ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳು ಕಾರ್ಯ ಪ್ರವೃತ್ತವಾಗಲಿವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳೆಂದರೆ, ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ತೀವ್ರತೆ, ಅಂದರೆ, ಈಗ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ದೊರೆಯುವ ಮೀಸಾನ್ ಪುಂಜತೀವ್ರತೆಗಳಿಗಿಂತ ಸುಮಾರು 1000 ದಿಂದ 10,000 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ π ಮತ್ತು μ ಮೀಸಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಉಪಯೋಗ ಮಾಡುವಂತಹ ಯೋಜನೆ ಎಂದೇ ಅರ್ಥ. ಆದುದರಿಂದ π ಮತ್ತು μ ಮೀಸಾನುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಅರಿತುಕೊಳ್ಳುವುದಗತ್ಯ.

ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳೂ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳೂ ಇರುತ್ತವೆಂಬುದು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದ ವಿಷಯ. ಪ್ರೋಟಾನು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಅವೆರಡರ ನಡುವೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿದ್ಯುದೀಯ ಬಂಧನ ಬಲ (ಕೂಲಂಬ್) ಇರಲಾರದು. ಇಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ತರಹದ ಬಲಗಳು ಪ್ರವೃತ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಈಗ ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ತೀರ ಕಡಿಮೆ. ಬರಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಎರಡೂ ತರಹದ ಕಣಗಳು (ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಾನುಗಳು) ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳಲ್ಲಿರುವಂತಹವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಕಣದ ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅವಸ್ಥೆಗಳೆಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನೊಂದು ಪ್ರೋಟಾನಾಗಿಯೂ, ಪ್ರೋಟಾನೊಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನಾಗಿಯೂ, ಸದಾಕಾಲ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ π ಮೀಸಾನು ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇಂಥ π

ಮೀಸಾನುಗಳೇ ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ನಡುವೆ ಬಂಧನವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಕಣಗಳೆಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದೇ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಬಲಗಳ ಉಗಮ. ಈ ಮೀಸಾನುಗಳು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಭದ್ರತೆಗೆ ಕಾರಣಗಳಾಗಿವೆ.

μ ಮೀಸಾನು ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿ ಸಿಗುವದಿಲ್ಲ. π ಮೀಸಾನೊಂದು ತನ್ನ ಆಯುರ್ಮಾನದ ಕೊನೆಯನ್ನು ತಲುಪಿದಾಗ μ ಮೀಸಾನು ಹುಟ್ಟು ವುದು. π ಮೀಸಾನು ಒಂದು μ ಮೀಸಾನಿಗೂ ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋ ಎಂಬ ಕಣಕ್ಕೂ ಜನ್ಮವಿತ್ತು ತಾನು ಅಳಿದು ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಂಜ್ಞಾರೂಪದಲ್ಲಿ $\pi \rightarrow \mu + \nu$ ಎಂದು ತೋರಿಸ ಬಹುದು. ν, ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋಗೆ ಸಂಜ್ಞೆ.

π ಮೀಸಾನುಗಳೇನೋ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್‌ದಿಂದ ಬಿಡುಗಡೆಯಾಗಬಲ್ಲವು, ಆದರೆ, ಅವುಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹುವುದು ಅಷ್ಟೇನೂ ಸುಲಭದ ಮಾತಲ್ಲ. ಹೊರಗಿನಿಂದ ಸಾಕಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹಚ್ಚಿದಾಗಲೇ ಅವು ಬಿಡುಗಡೆ ಹೊಂದು ತ್ತವೆ. π ಮೀಸಾನೊಂದನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಲು, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿಗೆ, ಅದರ (ಮೀಸಾನಿನ) ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗೆ ಸಮನಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನಾದರೂ ಒದಗಿಸಲೇ ಬೇಕು. ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಯಲ್ಲಿ, ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು, 500 ರಿಂದ 800 Mev ಶಕ್ತಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿ, ಅವು ಒಂದು ಸೂಕ್ತ ಗುರಿಯನ್ನು (ಕಾರ್ಬನ್ ಅಥವಾ ಟಂಗ್ಸ್ಟನ್) ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಗುರಿಯ ಲ್ಲಿಯ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಪ್ರೋಟಾನು ಗಳೊಡನೆ ಅಂತರ್‌ಕ್ರಿಯೆ ಮಾಡುವದರಿಂದ ಮೀಸಾನುಗಳು ಉದ್ಭವಿಸು ತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಈ ಕೆಳಗಿನ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಬಹುದು.

$$p + p \rightarrow p + n + \pi^{+}, \text{ ಅಥವಾ } p + n \rightarrow p + p + \pi^{-}$$

ಇಲ್ಲಿ p, n, ಪ್ರೋಟಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ಸಂಜ್ಞೆಗಳು. π ಮೀಸಾನದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಸುಮಾರು 280 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗೆ, ಅಂದರೆ, 140 MeV ಗೆ ಸರಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇಷ್ಟು ಶಕ್ತಿ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿ, π ಮೀಸಾನಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುದು. ವಾಸ್ತವಿಕವಾಗಿ, ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚೇ ಶಕ್ತಿ ಬೇಕು. ಏಕೆಂದರೆ, ಶಕ್ತಿಯ ಕೆಲವು ಭಾಗ ಕಣಗಳ ಗತಿಶಕ್ತಿ ಯಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸುತ್ತದೆ.

π ಮತ್ತು μ ಮೀಸಾನುಗಳಲ್ಲದೆ, ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಯಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯ ಪ್ರೊಟಾನು ಪುಂಜಗಳನ್ನೂ, ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನೂ, ನ್ಯೂಟ್ರಿನೋಗಳನ್ನೂ ಹಾಗೂ γ – ಕಿರಣಗಳನ್ನೂ ಉತ್ಪಾದಿಸಬಹುದು. ಈ ಎಲ್ಲ ಕಣಗಳನ್ನೂ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ದ್ರವ್ಯದ ಮೂಲ ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಬಹುದು.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಮೀಸಾನ್-ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಯ ಯೋಜನೆಯೂ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿನ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನೊದಗಿಸುವ, 500 ರಿಂದ 800 MeV ಶಕ್ತಿಯ, ವೃತ್ತಾಕಾರದ, ಇಲ್ಲವೆ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಕೆಳಗೆ ಅಮೇರಿಕೆಯ ಲಾಸ್ ಅಲೆಮಾಸ್ ಸೈಂಟಿಫಿಕ್ ಲ್ಯಾಬೊರೇಟರಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುತ್ತಿರುವ ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಯ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ನಾವು ಮೊದಲೇ ಅಭ್ಯಸಿಸಿದಂತೆ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸುವ ಶಕ್ತಿ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳ ಉದ್ದ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಲಾಸ್ ಆ್ಯಲೆಮಾಸ್‌ದಲ್ಲಿಯ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಸುಮಾರು ಅರ್ಧ ಮೈಲಿನಷ್ಟು ಉದ್ದವಿದ್ದು, 1mA ತೀವ್ರತೆಯಿದ್ದ (ಅಂದರೆ, ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂದಿಗೆ 6×10^{15} ಕಣಗಳನ್ನುತ್ಪಾದಿಸುವ) 800—MeV ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಬಲ್ಲುದಾಗಿದೆ. ಕಣಗಳ ಪುಂಜಗಳಲ್ಲಿರುವ ಗರಿಷ್ಠ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು 800 kw ಆಗಿದೆ. ಇದೇ ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲೆಲ್ಲ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಮರ್ಥ್ಯವುಳ್ಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವಾಗುವುದು.

ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ಮೂರು ಭಾಗಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಕಣಗಳನ್ನು ಈ ಮೀಸಾನ್ ಫಾಕ್ಟರಿಯಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅವು ಮೊದಲೇ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದಿರಬೇಕು. 0·75 Mev ಯಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಾಕ್ರಾಫ್ಟ್ ವಾಲ್ಟನ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ್ದ ಮೂಲಕ ಪಡೆದ ಕಣಗಳನ್ನು ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಯಲ್ಲಿ ಬಿಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೋಸುಗ ಇಂಜೆಕ್ಟರ ಎಂಭ ಒಂದು ಭಾಗವು ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಒಳಗೆ ಬಿಟ್ಟ ಕಣಗಳು ಮಧ್ಯದ ಆಲ್ವಾರೇಝ್ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಈ ರಚನೆಯು ನಿಜವಾಗಿಯೂ, ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ರಚನೆಯೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಬಹು ಉದ್ದವಾದ ನಿರ್ವಾತ ಪ್ರದೇಶವಿದ್ದು, ಅದರಲ್ಲಿ

ಹಲವಾರು ಸಿಲಿಂಡರಾಕಾರದ ನಳಿಕೆಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಇವಕ್ಕೆ ಧಾರಾನಳಿಕೆ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇವುಗಳ ಮುಖಾಂತರ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಪುಂಜಗಳು ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಈ ಟ್ಯೂಬುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಪ್ರತಿ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಎಷ್ಟೋ ಲಕ್ಷಾಂತರ ಆವೃತ್ತಿ ಸಂಖ್ಯೆಯುಳ್ಳ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹಚ್ಚಿ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಣಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಅವು ಒಂದು ಟೂಬನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಹೊರಗೆ ಬಂದ ಕ್ಷಣವೇ ಮತ್ತೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದಬೇಕು- ಹೀಗೆ ಮಾಡುವದಕ್ಕೋಸ್ಕರ ಧಾರಾನಳಿಕೆಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ಮಾಡಿ ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು, ಪ್ರತಿ ಸುತ್ತಿಗೂ (ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಚಕ್ರ) ಚಿಹ್ನೆಯನ್ನು ಬದಲಿಸುವ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಕಣಗಳು ನಳಿಕೆಯಿಂದ ಹೊರ ಬರುವಂತೆ ಅಳವಡಿಸಬೇಕು. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಈ ಮೊದಲೇ ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಕಣವು ಪ್ರತಿಸಲವೂ (ಪ್ರತಿ ಟ್ಯೂಬನ್ನು ದಾಟಿದಾಗಲೂ) ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ ಹೊಂದುವದರಿಂದ ಮುಂದೆ ಹೋದಂತೆ ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಅವಕಾಶವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುವದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಧಾರಾನಳಿಕೆಗಳ ಉದ್ದ ಮೊದಲಿನಿಂದ ಕೊನೆಯ ವರೆಗೆ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಟ್ಯೂಬುಗಳ ಉದ್ದ ಹೆಚ್ಚು ಅಲ್ಲ ಕಡಿಮೆಯೂ ಅಲ್ಲದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ, ಸರಿಯಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಿರಬೇಕು. ಈ ರೀತಿಯಿಂದ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು 0·75 MeVಯಿಂದ 100 MeV ವರೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಲಾಗುವುದು. ಆದರೆ 1·00 MeV ಮೀಕ್ಕಿದಾಗ ಅಲ್ವಾರೇಝ್ ರಚನೆಯ ದಕ್ಷತೆ ಕಡಿಮೆ ಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಹೀಗಾಗಿ 100 ರಿಂದ 800 Mev ಗೆ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಏರಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಬೇರೊಂದು ಯೋಜನೆಯೇ ಬೇಕು. ಈ ಯೋಜನೆಯು ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅಪವ್ಯಯವಾಗದಂತೆ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಲು ಶಕ್ತವಾಗಿರಬೇಕು. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ' ಈ ಯೋಜನೆ ಯಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನಿನ ಪುಂಜ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಬಡೆದು ಬೇರೆ ವಿಕಿರಣ ಹೊರಡದಂತೆ (ಅಥವಾ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹೊರಡುವಂತೆ) ರಚನೆ ಯಾಗಿರಬೇಕು. ಇಂಥ ರಚನೆಯೊಂದು ಲಾಸ್ ಆ್ಯಲೆಮಾಸ್‌ನಲ್ಲಿ ಈಗ ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿದೆ. ಅದಕ್ಕೆ ಭುಜಯುಗ್ಮಿತ ರಚನೆ (Side-Coupled Structure) ಎನ್ನುವರು.

ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಾದರೂ ಏನು ? ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು, ಎಲ್ಲ ದ್ರವ್ಯದ ಮೂಲ ರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ವಿಚಾರ ಮಾಡೋಣ. ದ್ರವ್ಯದ ಅಂತಿಮ ರಚನೆ ಎಲ್ಲ ಒಂದೇ ಇರಬೇಕು. ಇದನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ, ದ್ರವ್ಯದ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳನ್ನು, ಅಂದರೆ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸ ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳನ್ನೂ ತಿಳಿಯುವುದು ಅವಶ್ಯ. ಪರಮಾಣು ಹಾಗೂ ಅಣು ಇವುಗಳ ರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತಕ್ಕಮಟ್ಟಿಗೆ ನಿಖರವಾಗಿ ತಿಳಿದಿದೆ. ಆದರೆ, ಪರಮಾಣುವಿನ ಬೀಜದಂತಿರುವ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ರಚನೆ, ಅದರಲ್ಲಿದ್ದ ಪ್ರೋಟಾನ್ ಹಾಗೂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸುವ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಬಲಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಇನ್ನೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ತಿಳವಳಿಕೆ ಇಲ್ಲ. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸ ತೀರ ಸಣ್ಣ ಗಾತ್ರ (0^{-13} cm) ಉಳ್ಳದ್ದಾದ್ದರಿಂದ, ಅದರ ರಚನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯುವದಕ್ಕೋಸುಗ, ಅದನ್ನು ಒಳಹೊಕ್ಕು 'ನೋಡುವದು' ಕಷ್ಟಕರ ಮಾತು. ಅಲ್ಲದೆ, ಈ ಪ್ರೋಟಾನ್, ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಒಳ್ಳೆ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಂಧಿತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು, ಮೀಸಾನುಗಳು, γ-ಕಿರಣಗಳು, ನೂಟ್ರಿನೊಗಳೇ ಮೊದಲಾದ ಚಿಕ್ಕ ಗಾತ್ರದ ಕಣಗಳಿಂದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ಭೇದಿಸಿ, ಅದರ ಒಳಗಿನ ಕಣಗಳಾದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಪ್ರೋಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ಹೊರಗಿನ ಕಣಗಳು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ಬಹಳ ಜೋರಿನಿಂದ ಮಾತ್ರ ಸಂಘಟ್ಟಿಸಬಾರದು. ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳಿಂದ ದೊರೆಯುವ ಹೆಚ್ಚಿನ ತೀವ್ರತೆಯ ಕಣಗಳಿಂದ ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯ ರಚನೆ, ಪ್ರೋಟಾನ್ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸುವ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಬಲಗಳು ಇವೆಲ್ಲವುಗಳಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚು ತಿಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವುದು ಎಂಬ ಆಶೆ ಇದೆ.

ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಬಲವೆಂದರೇನು ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವುದು ಅವಶ್ಯ. q_1 ಮತ್ತು q_2 ಎಂಬೆರಡು ಧನ- ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣಗಳು r ಅಂತರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಅವು ಒಂದನ್ನೊಂದು $\frac{q_1 q_2}{r^2}$ ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾನುಪಾತದಲ್ಲಿರುವಬಲದಿಂದ ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಹಾಗಾದರೆ, ಯಾವ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಒಂದನ್ನೊಂದು ವಿಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ ? ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪೂರಣದ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವಿದ್ದು, ಈ ಎರಡೂ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಅಂತರ್ ಕ್ರಿಯೆಯಿಂದಾಗಿ ವಿಕರ್ಷಣೆ

ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ಹೀಗೂ ಹೇಳಬಹುದು, ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕ್ವಾಂಟಮ್, ಇಲ್ಲಿ ಫೋಟಾನ್, ಎರಡೂ ಪೂರಣಗಳ ನಡುವೆ ವಿಕರ್ಷಣೆಗೆ ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಎರಡೂ ಪೂರಣಗಳ ನಡುವೆ ಫೋಟಾನಿನ ವಿನಿಮಯ ನಡೆಯುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ರೀತಿ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕಣ, ಪ್ರೋಟಾನ್ ಇಲ್ಲವೆ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್, ಕೂಡ ಒಂದು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು (ಕೂಲಂಬ್ ಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಲೀ ಪೂರಣ–ಕ್ಷೇತ್ರವಾಗಲೀ ಅಲ್ಲ) ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸು ತೀರ ಚಿಕ್ಕದಾದುದರಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಬಲಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಇರುವದರಿಂದಲೂ, ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಮಾತ್ರ, ಪೂರಣ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕಣ ಫೋಟಾನಿನಂತೆ, ಶೂನ್ಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರದೆ, ಕೆಲವಷ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯನ್ನು ಪಡೆದಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಮಾಡಿ ತೆಗೆಯಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಮೊದಲು ಲೆಕ್ಕಮಾಡಿ, ಈ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಕ್ವಾಂಟಮ್ ಕಣಕ್ಕೆ ಸುಮಾರು 300 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಷ್ಟು ಇರ ಬೇಕೆಂದು ವಾದಾತ್ಮಕವಾಗಿ ತೋರಿಸಿದವನು ಜಪಾನಿನ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನಿ ಯುಕಾವಾ ಎಂಬವನು. ಹೀಗೆ ತಾತ್ವಿಕವಾಗಿ ಇರಲೇಬೇಕು ಎಂದು ಪ್ರತಿ ಪಾದಿಸಿದ್ದನ್ನು, ಆನಂತರ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಯಿತು. ಈ ಕಣದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ 280 ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯಷ್ಟು ಎಂದು ಗೊತ್ತಾ ಯಿತು. ಈ ಕಣವೇ π ಮೀಸಾನ್. ಇದು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸುಗಳೊಡನೆ ಬಲ ವಾಗಿ ಅಂತರ ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯಿಸಬಲ್ಲದಾಗಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ, ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸನ್ನು ಭೇದಿಸಿ, ಒಳಹೊಕ್ಕು ನೋಡಲು ಇವುಗಳನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಮಾಡಬಹುದು.

ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ (7100 Mev.) ಕಣಗಳನ್ನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸದ ರಚನೆ ಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಿದರೆ ಅದರ ರಚನೆಯ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪರಿಚಯ ಸಾಧ್ಯವಾಗುವದು. ಆದರೆ, ಇಂಥ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತ ಕಣಗಳನ್ನು ಬಹಳಷ್ಟಾಗಿ ಪಡೆಯುವುದು ದುರ್ಲಭ. ಅಂದರೆ, ಅವುಗಳ ತೀವ್ರತೆ ಸಾಕಷ್ಟು ದೊರಕುವದಿಲ್ಲ. ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತ ಹಾಗೂ ಹೆಚ್ಚು ತೀವ್ರತೆಯ ಕಣಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಹೀಗೆ ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಣಗಳನ್ನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ಬಳಕೆ ಮಾಡುವದಲ್ಲದೆ, ಇನ್ನೂ ಕೆಲವು ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಬಳಸಬಹುದು. ಅವುಗಳೆಂದರೆ ;

೧) ನಾವು ಮಾನವಸಹಿತ ಗಗನ ನೌಕೆಗಳನ್ನುಕಳಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವಷ್ಟೆ ? ದಿನ ಕಳೆದಂತೆ, ಈ ಅಂತರಿಕ್ಷ ನೌಕೆಗಳನ್ನು ಅತಿ ಪ್ರಬಲ ವಿಶ್ವಕಿರಣಗಳಿಂದಲೂ ಮತ್ತು ಸೂರ್ಯನ ಸ್ಫೋಟಗಳಿಂದ (flares) ಬರುವ ಕಿರಣಗಳಿಂದಲೂ ಸಂರಕ್ಷಿಸುವುದು ಕಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನಿಂದ ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಈ ಕಿರಣಗಳ ಪರಿಣಾಮ ಯಾವಾಗ ಆದೀತು, ಹೇಗೆ ಆದೀತು ಎಂದು ಹೇಳಲು ಕೂಡ ಅಸಾಧ್ಯ. 1BeV ವರೆಗೂ ಈ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿ ಇರಬಹುದು. ಇಂಥ ಕಣಗಳ ಪರಿಣಾಮ ಮಾನವನ ಮೇಲೂ, ಪದಾರ್ಥದ ಮೇಲೂ ಹೇಗೆ ಆದೀತೆಂಬುದನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದು ಅವಶ್ಯ. ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಯಿಂದ ಬರುವ ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಕೂಡ ಈ ಮೇಲ್ಕಾಣಿಸಿದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ.

೨) ಟ್ಯೂಮರ್ ಮೊದಲಾದ ಘೋರ ಬೇನೆಗಳನ್ನು ಕ್ಷ– ಕಿರಣಗಳಿಂದ ಈಗ ಚಿಕಿತ್ಸೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇತ್ತಿಚೆಗೆ, ಕ್ಷ– ಕಿರಣಗಳ ಬದಲು ಪ್ರೋಟಾನ್,ಡ್ಯೂಟರಾನ್ ಅಥವಾ α ಕಣಗಳಂತಹ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಹೆಚ್ಚು ಲಾಭಕರ ಎಂದು ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಕ್ಷ–ಕಿರಣಗಳಿಗಿಂತಲೂ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳು ಅಯಾನೀಕರಣ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಫಲತೆಯನ್ನು ಪಡೆದಿವೆ. ಟ್ಯೂಮರದ ಕೋಶಗಳಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಅಯಾನೀಕರಣ ಮಾಡುವದರಿಂದ ಟ್ಯೂಮರದ ಬಗ್ಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಾಹಿತಿ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವುದು ಸುಲಭವಾಗುತ್ತದೆ.

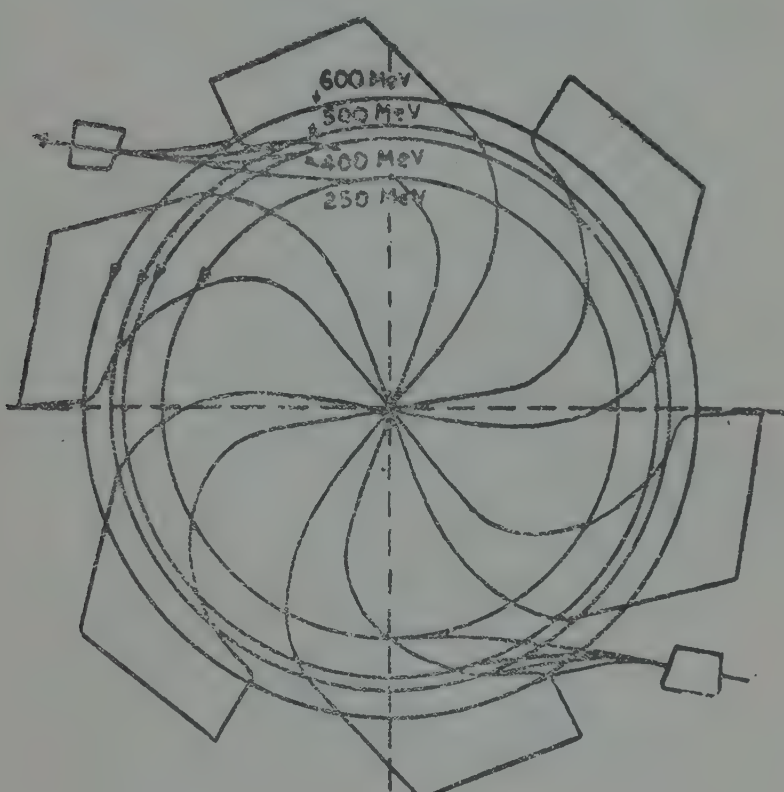
ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳ ರಚನೆ : ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬೇಕಾದರೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹಚ್ಚಲೇಬೇಕು. ಆದುದರಿಂದ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಹಚ್ಚಲಾಗಿದೆ, ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಕಣಗಳು ವೃತ್ತಾಕಾರದ ಪಥಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆಯೇ ಹೇಗೆ ಎಂದು ಮುಂತಾದ ಅಂಶಗಳ ವಿಚಾರಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಆಗಿ ತೋರುತ್ತವೆ.

ಇಲ್ಲಿಯ ವರೆಗಿನ ವೃತ್ತಾಕಾರದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳೆಲ್ಲ ಸಿಂಕ್ರೋ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್ ಮಾದರಿಯವೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಇಂಥ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾದ ದೋಷಗಳಿವೆ. ಒಂದನೆಯದಾಗಿ, ಕಣಗಳ ತೀವ್ರತೆ ಸಾಕಷ್ಟಿರುವದಿಲ್ಲ, ಮತ್ತು ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ಯಂತ್ರದಿಂದ ಹೊರದೆಗೆಯುವ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಸಾಕಷ್ಟು ದಕ್ಷತೆ ಇರುವದಿಲ್ಲ. ಈ ಎರಡನೆಯ ಕೊರತೆ ಕೂಡ ಬಹಳ ಮಹತ್ವದ್ದು, ಏಕೆಂದರೆ 100–1000 ಮೈಕ್ರೊ ಆಂಪೇರ್ ತೀವ್ರತೆಯ ಕಣಗಳ ಪುಂಜದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣ ಶೀಲತೆ ಹೆಚ್ಚಿ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವೇ ನಾಶವಾಗಿ ಹೋಗುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಮೊದಲೇ, ಸಿಂಕ್ರೋ–ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್‌ದಲ್ಲಿ ಸಾಪೇಕ್ಷ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಹೆಚ್ಚಳವನ್ನು ಅನುಲಕ್ಷಿಸಿ ಕೂಡ, ಕಣಗಳ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಲ್ಲ ತತ್ವಗಳನ್ನು ನೋಡಿದ್ದೇವೆ. ಅವುಗಳಲ್ಲೊಂದಾದ ತತ್ವ ಹೀಗಿದೆ– ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ m ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ (B)ಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ B/m ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಉಳಿಯುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಆದರೆ, ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಕಣಗಳ ಪುಂಜದ ಸ್ಥಿರತೆಗೆ ಧಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಆಗ ಪುಂಜವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಫೋಕಸ್ಸಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದಲ್ಲಿ, ಸ್ಥಿರತೆ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಈಗಿನ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನುಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಸೆಕ್ಟರ್ ಫೋಕಸ್ಸಿನ ತತ್ವವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಈಗ ಅತಿ ಮಹತ್ವದ ಎರಡು ಅಂಶಗಳು ಗಮನಾರ್ಹ : ೧) ಅದಕ್ಕೆ ತಗಲುವ ವೆಚ್ಚ ೨) ಅತಿ ದಕ್ಷತೆಯಿಂದ ಕಣಗಳ ಪುಂಜವನ್ನು ಯಂತ್ರದಿಂದ ಹೊರ ತೆಗೆಯುವುದು.

ಸುರುಳಿ-ಅಂಚನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನ್ : ದುಬ್ನಾದ "Joint Institute of Nuclear Research" ಎಂಬಲ್ಲಿ 680 Mev ಸಿಂಕ್ರೋಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನನ್ನು ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಅಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತವನ್ನು ಸುರುಳಿ-ಅಂಚು ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಸ್ಥಿರ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ 700-mev ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತಾರೆ.

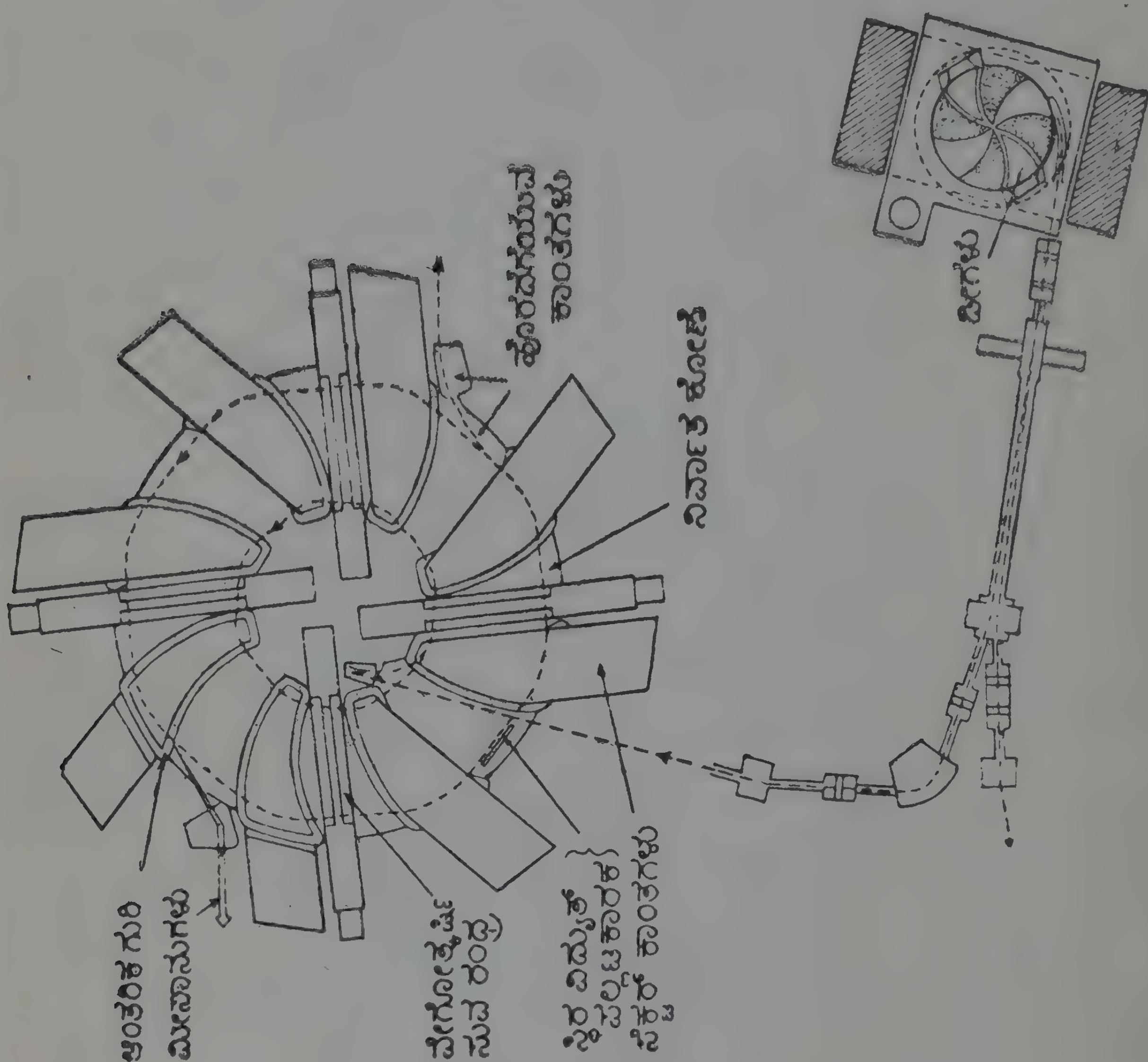
ಋಣ- ಅಯಾನು ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನ್:ಸುರುಳಿ- ಅಂಚಿನ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿ(ಚಿತ್ರ 31 ನೋಡಿರಿ) ಋಣ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬೇಕೆಂದು ರೆಜೀನಾಲ್ಡ ರಿಚರ್ಡ್ಸನ್ ಇವರ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ನಡೆದಿದೆ. ಮೊದಲು ಋಣ ಹೈಡ್ರೋಜನ್ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಸ್ಟ್ರಿಪರ್ ದ ಮೂಲ ಧನ ಅಯಾನುಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸಲಾಗುವುದು. ಆನಂತರ ಈ ಧನ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಅಂದರೆ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನದಲ್ಲಿ ಹೊರಗೆ ಹೋಗುವಂತೆ ಮಣಿಸಲಾಗುವುದು. ಈ ತರಹದ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನದಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಶಕ್ತಿಯುತ ಪುಂಜಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಮೊದಲೇ ಹೇಳಿದಂತೆ (ಪುಟ102) ಯಂತ್ರವು ನಾಶವಾಗುವ ಭೀತಿ ಇಲ್ಲ



ಚಿತ್ರ-30

ಬಳೆ–ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನ್: ಈ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವು ಎರಡು ಹಂತಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದೆ. ಮೊದಲನೆಯದೂ ಕೂಡ ಒಂದು ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನೇ ಆಗಿದೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಕಣಗಳನ್ನು 70–Mevವರೆಗೆ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ, ಇದರಿಂದ ಬಂದ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ಬಳೆ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನದಲ್ಲಿ ಬಿಡಲಾಗುವುದು. ಈ ಎರಡನೆಯ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನು ಎಂಟು C- ಆಕಾರದ ಸುರುಳಿ-ಸೆಕ್ಟರ್ ಕಾಂತಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತು

ನಾಲ್ಕು ರೇಡಿಯೋ ಆವರ್ತಸಂಖ್ಯೆಯು ಪೊಳ್ಳುಗಳನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಇದು ಏಕಕಾಲೀಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಕಕ್ಷೆ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಲ್ಲಿ ಅವಸ್ಥೆ ಅಂತರವಿರುವದಿಲ್ಲ (ಚಿತ್ರ-31 ನೋಡಿರಿ).



ಚಿತ್ರ- 31

ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದ ಕಕ್ಷೆಗಳ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನ್: ಇದರಲ್ಲಿ ಕೂಡ, ಋಣ ಅಯಾನು ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನಿನಲ್ಲಿಯಂತೆ ವಿವಿಧ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಇಡೀ ಪುಂಜ ವನ್ನು ಹೊರದೆಗೆಯುವದನ್ನು ಸಾಧಿಸಬಹುದಾಗಿದೆ. ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅನುಕೂಲತೆ ಒಂದು ಇದರಲ್ಲಿದೆ- ಬಹಳ ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ ಪುಂಜಗಳನ್ನು ಅತೀ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇಂಥ ಬೇರ್ಪಡಿಸಿದ ಕಕ್ಷೆಗಳ ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾ

ನುಗಳಲ್ಲಿ, ಪ್ರೋಟ್ರಾನುಗಳು ಅನುನಾದವನ್ನು ಮಾಡಬಲ್ಲ ಪೊಳ್ಳುಗಳಿಂದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತವಾಗುತ್ತವೆ. ಪೊಳ್ಳುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಇರಿಸಿದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಂತಗಳಿಂದ ಸಾಕಷ್ಟು ಅಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರ್ಪಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ' ಕಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು ಸುತ್ತುವಂತೆ ಮಾಡಲ್ಪಡುವುವು. ಈ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಏಕಕಾಲೀಯವಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ಏರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ. ಈ ತರಹದ ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನನ್ನು ಒಂದು ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಸಮತಲ ಸುರುಳಿಯೊಂದರಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಿದಂತೆ ಎಂದು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಬಹುದು.

Chalk River National Laboratory ಮತ್ತು Oak Ridge National Laboratoryಗಳಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಒಂದು ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನು 65 mA ತೀವ್ರತೆಯುಳ್ಳ 1Gev ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಪುಂಜವನ್ನು ಕೊಡುವಂತೆ ಪ್ರಯತ್ನ ನಡೆಸುತಿದ್ದಾರೆ.

ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು : ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಯನ್ನು ನಡೆಯಿಸಬೇಕಾದರೆ ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಸಮಸ್ಯೆ ಎಂದರೆ, ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಮತ್ತು ಉಪ-ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಪುಂಜಗಳು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಅಗಾಧವಾದ ಮಟ್ಟದ ವಿಕಿರಣ ಶೀಲತೆ. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಕಾರ್ಯಪ್ರವೃತ್ತವಿದ್ದಾಗ ಈ ವಿಕಿರಣಶೀಲತೆ ಅಂದಾಜು 100 rem/sec ಇರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಅದು ನಿಂತಾಗ, 200 rem/hr ನಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಪುಂಜದ ಗುರಿಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ನೇರವಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವನ್ನು ಮುಟ್ಟಲಾಗುವದಿಲ್ಲ- ಎಲ್ಲ ಚಲಾವಣೆ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನೂ ದೂರದಿಂದಲೇ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದುದ ರಿಂದ, Los Alamos ದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪುಂಜದ ನಷ್ಟ, ವಿಶ್ವಾಸಾರ್ಹತೆ, ಸರಳತೆ ಮುಂತಾದವುಗಳಿಗೆ ಪ್ರಧಾನ ಗಮನ ಕೊಡ ಬೇಕೆಂದು ಸೂಚಿಸಿದರು. ಕಣಗಳನ್ನು ಒಳ ಬಿಡಲು ಅಥವಾ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿತ ಕಣಗಳನ್ನು ಹೊರದೆಗೆಯಲು ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ ಬಹಳ ಅನುಕೂಲ.

ಪ್ರೋಟಾನ್ ರೇಖಿಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದ ಮುಖ್ಯ ದೋಷವೆಂದರೆ ಕಡಿಮೆ ತೀವ್ರತೆ ಮತ್ತು ರೇಡಿಯೋ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪುಂಜದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳಿಸುವಲ್ಲಿ ದಕ್ಷತೆ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದು.

ವಿಶೇಷತಃ, 50 Mev ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ದಕ್ಷತೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ 100 Mev ಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿ ಬೇಕಾದಲ್ಲಿ, ಅಲ್ವಾರೇಝ್ ರಚನೆಯನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ದಕ್ಷತೆಯುಳ್ಳ ಇನ್ನೊಂದು ರಚನೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುವುದು. ಇಂಥ ಒಂದು ರಚನೆಯನ್ನು ಈಗ Los Alamos ನಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

ಯಾವುದೇ ತರದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೂ, 1-mA ಸರಾಸರಿ ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು 800-Mev ಯಷ್ಟು ಗರಿಷ್ಠ ಶಕ್ತಿ ಕೊಡುವ ಮೀಸಾನು ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳ ಖರ್ಚು ಅಂದಾಜಾಗಿ ಒಂದೇ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಅಂದಾಜು 85 ದಶಲಕ್ಷ ಡಾಲರಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳನ್ನು ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ಅಭ್ಯಾಸಕ್ಕಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಅದರೊಳಗಿನ ಕಣಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯುವದಕ್ಕಾಗಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸುವದಲ್ಲದೆ, ಉಚ್ಚ ಮಟ್ಟದ ವಿಕಿರಣವು ಯಾವುದೇ ಉಪಯೊಗಕ್ಕಾಗಿ ನಮಗೆ ದೊರಕುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಹಲವಾರು ಉದ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಬಹುದು. ನ್ಯೂಕ್ಲಿಯಸ್ಸಿನ ರಚನೆಯಂತಹ ಎಷ್ಟೋ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಪರಿಹಾರ ಪಡೆಯುವ ಆಶೆಯೇನೊ ಇದೆ, ನಿಜ. ಆದರೆ ಆ ಪರಿಹಾರಗಳೊಡನೆ ಹೊಸ ಸಮಸ್ಯೆಗಳೂ ಉದ್ಭವಿಸ-ಬಹುದು.

ಅನುಬಂಧ

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವ ಸ್ಥಿರ (stable) ಕಣಗಳನ್ನು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ಗುಂಪುಗಳಲ್ಲಿ ವಿಭಾಗಿಸಬಹುದು. i) ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ii) ಅಯಾನುಗಳು. ನಾವು ಇದುವರೆಗೆ ಅಭ್ಯಸಿಸಿದ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಇವುಗಳನ್ನೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದುದನ್ನು ನಾವು ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ.

ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನವು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪರಮಾಣುವಿನ ಘಟಕವಾಗಿದೆ. ಇದು ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ ಕಣವಾಗಿದೆ. ಇದರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (m) ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ (e) ಗಳು ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುವದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಮೌಲ್ಯಗಳನ್ನು ಮನಸಿನ ಮುಂದೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳುವದೂ ಕಷ್ಟ. ಅಂತೆಯೇ ಇವುಗಳನ್ನು ಏಕಮಾನಗಳಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಇತರ ಕಣಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣಗಳನ್ನು ಈ ಏಕಮಾನಗಳಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಎಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಿಕ ಕಣಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣದಷ್ಟೇ ಎಂಬುದನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದರೆ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣದ ಚಿಹ್ನೆ ಮಾತ್ರ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣದ್ದೇ ಆಗಿರಬಹುದು. ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರಬಹುದು. ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನನ್ನು ಅದು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಶಕ್ತಿಯ ಮೇಲಿಂದ ಹೇಳುವದಾದರೆ ಅದು 0. 51 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಆಗುತ್ತದೆ. (ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ವಿರಾಮ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ = 0. 51 Mev)

ಪರಮಾಣುಗಳಿಗೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಗಳನ್ನು ಸೇರಿಸುವದರಿಂದಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಅವುಗಳಿಂದ ತೆಗೆಯುವದರಿಂದಾಗಲೀ, ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು. ಅಂದರೆ, ಅಧಿಕ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಪರಮಾಣುವೇ "ಋಣ ಅಯಾನು" ವೆಂತಲೂ, ಕಡಿಮೆ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ (ಇರಬೇಕಾದುದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ) ಪರಮಾಣುವೇ "ಧನ ಅಯಾನು" ವೆಂತಲೂ ಕರೆಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ (ಜಲಜನಕ,

ಹೀಲಿಯಂ, ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ, ಪೊಟ್ಯಾಶಿಯಂ) ಧನ ಅಯಾನಗಳನ್ನು ಉಪಯೊಗಿಸಿದುದನ್ನು ನಾವು ಈಗ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಆದರೆ ಋಣ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ''ಟಾಂಡೆಮ್ ವಾನ್ ಡಿ ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ'' ದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಧನ ಅಯಾನುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯವಾದ ಜಲಜನಕ ಅಯಾನುವು ಪ್ರೋಟಾನ್ ಅಲ್ಲದೆ ಮತ್ತೇನೂ ಅಲ್ಲ. ಪ್ರೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು 1836 m (m ಎಂಬುದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ) ಮತ್ತು ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವು +e ಆಗಿದೆ. ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪ್ರೋಟಾನಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು 938 ಮಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್ ಅಥವಾ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಒಂದು ಬಿಲಿಯನ್ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಯಾವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕದಲ್ಲಿಯೂ (ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಇವನ್ನುತ್ಪಾದಿಸಬಹುದು) ಬಳಸಿಲ್ಲವೆಂಬುದು ನಿಮಗೆ ಗೊತ್ತಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಅವುಗಳ ಹೆಸರೇ ಸೂಚಿಸುವಂತೆ ವಿದ್ಯುದ್ರಹಿತ ಕಣಗಳಾಗಿವೆ. ಆದರೆ ಅನೇಕ ಮಹತ್ವದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಿದ್ದರೂ, ಉಳಿದ ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ಕಣಗಳಿಂದ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಗುರಿಗಳನ್ನು ತಾಡಿಸುವದರಿಂದ ಅಧಿಕ ಶಕ್ತಿಯ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದಾಗಿದೆ.ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಬಹು ಉಪಯುಕ್ತವಾದ ಕಣವೆಂದರೆ ಡ್ಯುಟೆರಾನ್ ಎಂಬುದು ಭಾರ ಜಲಜನಕದ ಅಥವಾ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಮ್ಮಿನ ಅಯಾನು. ಈ ಅಯಾನುವಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರೊಟಾನು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ಸಡಿಲವಾಗಿ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿವೆ. ಪ್ರೋಟಾನಂಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುವದರಿಂದ ಡ್ಯುಟೆರಾನ್‌ಗೆ ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವಿದೆ. ಡ್ಯೂಟೆರಾನನ್ನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಿಸಿದಾಗ ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿಯೇ ಅದರಲ್ಲಿನ ನ್ಯೂಟ್ರಾನು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಜಲಜನಕಕ್ಕಿಂತಲೂ ಭಾರವಾದ ಪರಮಾಣುಗಳ ಅಯಾನುಗಳನ್ನು ಕೂಡ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆಯಾದರೂ ಅವುಗಳ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯು ಅಷ್ಟೊಂದು ಹೆಚ್ಚಿಗಿಲ್ಲ.

ಕೊಷ್ಟಕ 3ರಲ್ಲಿ ಇದುವರೆಗೆ ವಿವೇಚಿಸಿದ ಎಲ್ಲ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು ಕೊಡಬಲ್ಲ ಕಣಗಳು,ಶಕ್ತಿಗಳು ಮುಂತಾದವುಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿ ಕೊಡಲಾಗಿದೆ.

ಕೋಷ್ಟಕ—2

1	ಕಿಲೊ ವೋಲ್ಟ್ (K V)	1000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು (10^3)
2	ಮಿಲಿಯನ್‌ವೋಲ್ಟ್(MV) ಅಥವಾ ಮೇಗಾ ವೋಲ್ಟ್	10,00,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು (10^6)
3	ಬಿಲಿಯನ್ ವೋಲ್ಟ್(BV)	1,00,00,00,000 ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು 10^9

ಯುರೋಪಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಿಲಿಯನ್ = 10^{12}. ಆದ್ದರಿಂದ ಅಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೈಗಾ ವೋಲ್ಟ್ (1 GV) = 10^9 ಎಂದು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕೋಷ್ಟಕ 3

ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ	ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗೊಳಿಸಬಹುದಾದ ಕಣಗಳು	ದೊರೆಯಬಹುದಾದ ಅಧಿಕತಮ ಶಕ್ತಿ	ಉಪಯೋಗಗಳು
1. ಕಾಕ್ರಾಫ್ಟ್-ವಾಲ್ಟನ್ ವೋಲ್ಟತಾಗುಣಕ	ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು	0.8 MeV	ಕೆಲವೊಂದು ಮೂಲ ವಸ್ತು ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಲ್ಲಿ; ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿ ಕೊಡುವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಿಗೆ ಕಣಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸುವಲ್ಲಿ.
2. ವಾನ್-ಡಿ- ಗ್ರಾಫ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ	ಮೂಲಕಣಗಳು, ಅಯಾನುಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು, ಡ್ಯೂಟೆರಾನುಗಳು He^{4+}, He^{3+}	2.7 MeV	ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ರಚನೆಯ ಅಭ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಚದುರುವಿಕೆಯ ಅಭ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ; ಜೈವಿಕ, ವೈದ್ಯಕೀಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ, ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಕೊಡುವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳಿಗೆ ಕಣಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸುವಲ್ಲಿ.
3. ಟಾಂಡಮ್ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ	ಅಯಾನುಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು	20 MeV	ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ವಿದಳನದ ವಿಪರ್ಯಯ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸಲು ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಅಭ್ಯಸನದಲ್ಲಿ
4. ರೇಖೀಯ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ	ಅಯಾನುಗಳು, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು	50 MeV	ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಅಭ್ಯಸನದಲ್ಲಿ; ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ಪ್ರೋಟಾನುಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸುವಲ್ಲಿ.

5. ಸೈಕ್ಲೋಟ್ರಾನ್	ಅಯಾನುಗಳು, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು, ಡ್ಯೂಟೆರಾನುಗಳು, He^{4+}	40 MeV	ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲವಸ್ತುಗಳ ಸೃಜನೆಯಲ್ಲಿ; ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಅಭ್ಯಾಸನದಲ್ಲಿ
6. ಸಿಂಕ್ರೋ-ಸೈಕ್ಲೊಟ್ರಾನ್	ಅಯಾನುಗಳು ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು	680 MeV	—do—
7. ಬೀಟಾಟ್ರಾನ್	ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು	300 MeV	ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯುತ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳನ್ನು ಳ ವಡಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಯಾವುದೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ
8. ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್	ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನುಗಳು	7 BeV	—do—
9. ಪ್ರೋಟಾನ್ ಸಿಂಕ್ರೋಟ್ರಾನ್	ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು	10 BeV	ವಿಶ್ವ-ಕಿರಣಗಳು ನಡೆಯಿಸಬಹುದಾದ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವಲ್ಲಿ
10. ಸಂಘಟ್ಟಿಸುವ ಶಲಾಕೆಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ	ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ - ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪ್ರೊಟಾನ್ - ಪ್ರತಿಪ್ರೋಟಾನ್, ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್	1200 BeV	π ಮೀಸಾನುಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಬಗೆ ತಿಳಿಯುವಲ್ಲಿ

11. ರಾಸಾಯನಿಕ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕಗಳು	ವಿವಿಧ ಅಣುಗಳು, ಅಯಾನುಗಳು	ಕೆಲವೊಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ವೋಲ್ಟ್	ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಅಭ್ಯಸನದಲ್ಲಿ, ಉತ್ಪನ್ನಗಳ ಕೋನೀಯ ವಿತರಣೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವಲ್ಲಿ ಅಯಾನು-ಅಣುಗಳು ನಡುವೆ ಆಗುವ ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ವರ್ಗಾವಣೆಯನ್ನು ಅಭ್ಯಸಿಸುವಲ್ಲಿ.
12. ಮೀಸಾನ್ ಫ್ಯಾಕ್ಟರಿಗಳು	π, μ ಮೀಸಾನುಗಳು, ಪ್ರೋಟಾನುಗಳು, ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು	೬00 Mev	ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ರಚನೆಯ, ನ್ಯೂಕ್ಲೀಯ ಬಲಗಳ ಅಭ್ಯಸನದಲ್ಲಿ ಅಯಾನುಗಳ ಶಲಾಕೆ ತೀವ್ರತೆ ಅತಿಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಬೇಕಾಗಿರುವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ.

ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳು

ಔಷ್ಣಿಯಾನಿಕ ಉತ್ಸರ್ಜನೆ	Thermionic Emission
ಅವಾಹಕ	Insulator
ಅಯಾನು ಕಾಲುವೆ	Ion-channeling
ಅಯಾನೀಕರಣ	Ionisation
ಅವಕಾಶ	Space
ಅವಸ್ಥೆ	Phase
ಅವಸ್ಥೆಯ ಸ್ಥಿರತಾ ತತ್ವ	Phase Stability Principle
ಕೂಡುವ ಶಲಾಕೆ	Merging beam
ಅಪಸಾರಕ ತಟ್ಟೆ	Deflecting plate
ಅನುಕಲಿಸು	Integrate
ಅನುಬಂಧ	Appendix
ಆಕರ	Source
ಆಘಾತ ತರಂಗ	Shock wave
ಆವೇಗ (ಚಲನಪರಿಮಾಣ)	Momentum
ಉಪ ಪರಮಾಣು ಕಣಗಳು	Subatomic particles
ಉತ್ಪನ್ನ	Product
ಏಕಅಕ್ಷೀಯ	Co-axial
ಏಕರೂಪದ	Unifrom
ಏರಿಸುವ ಪರಿವರ್ತಕ	Step up transformer
ಕಣ	Particle
ಕಲ್ಪನೆ	Concept
ಕಿಡಿ	Spark
ಕ್ರಿಯಾತಂತ್ರ	Mechanism
ಕೋನೀಯ ವಿತರಣೆ	Angular distribution

ಕೋನೀಯ ವೇಗ	Angular velocity
ಗತಿಶಕ್ತಿ	Kinetic energy
ಗುಣಕ	Multiplier
ಗುರಿ	Target
ಚಿಮುಕಿಸುವ ತುದಿಗಳು	Spray ends
ಜಟಿಲ	Complex
ಜ್ವಾಲೆ	Flame
ಢಿಕ್ಕಿಹೊಡಿ (ಸಂಘಟ್ಟಿಸು)	Collide
ತಟಸ್ಥ	Neutral
ತದ್ರೂಪ	Identical
ತಾಡಿಸು	Bombard
ತಿರುಗಿಸುವ ಬಲ	Steering
ತುದಿ	Terminal
ದಕ್ಷತೆ	Efficiency
ದಿಕ್ಪಲ್ಲಟಕ	Deflector
ದ್ವಿಧ್ರುವ ಭ್ರಾಮ್ಯತೆ	Dipole Moment
ಧ್ರುವೀಕೃತ	Polarised
ನಿರ್ವಾತ ನಳಿಕೆ	Vu uum Tube
ನಿಖರತೆ	Precision
ನಿಶ್ಚಲ ಗುರಿ	Stationary Target
ಪರಿಣಾಮ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ	Effective mass
ಪ್ರತಿಕಣ	Anti particle
ಪ್ರತಿದ್ರವ್ಯ	Anti Matter
ಫ್ಲಕ್ಸದಂಡ	Flux Bar
ಫ ು	Rotor Blade
ಪ್ರವಣತೆ	Gradient
ಬಿಲ್ಲೆ	Foil

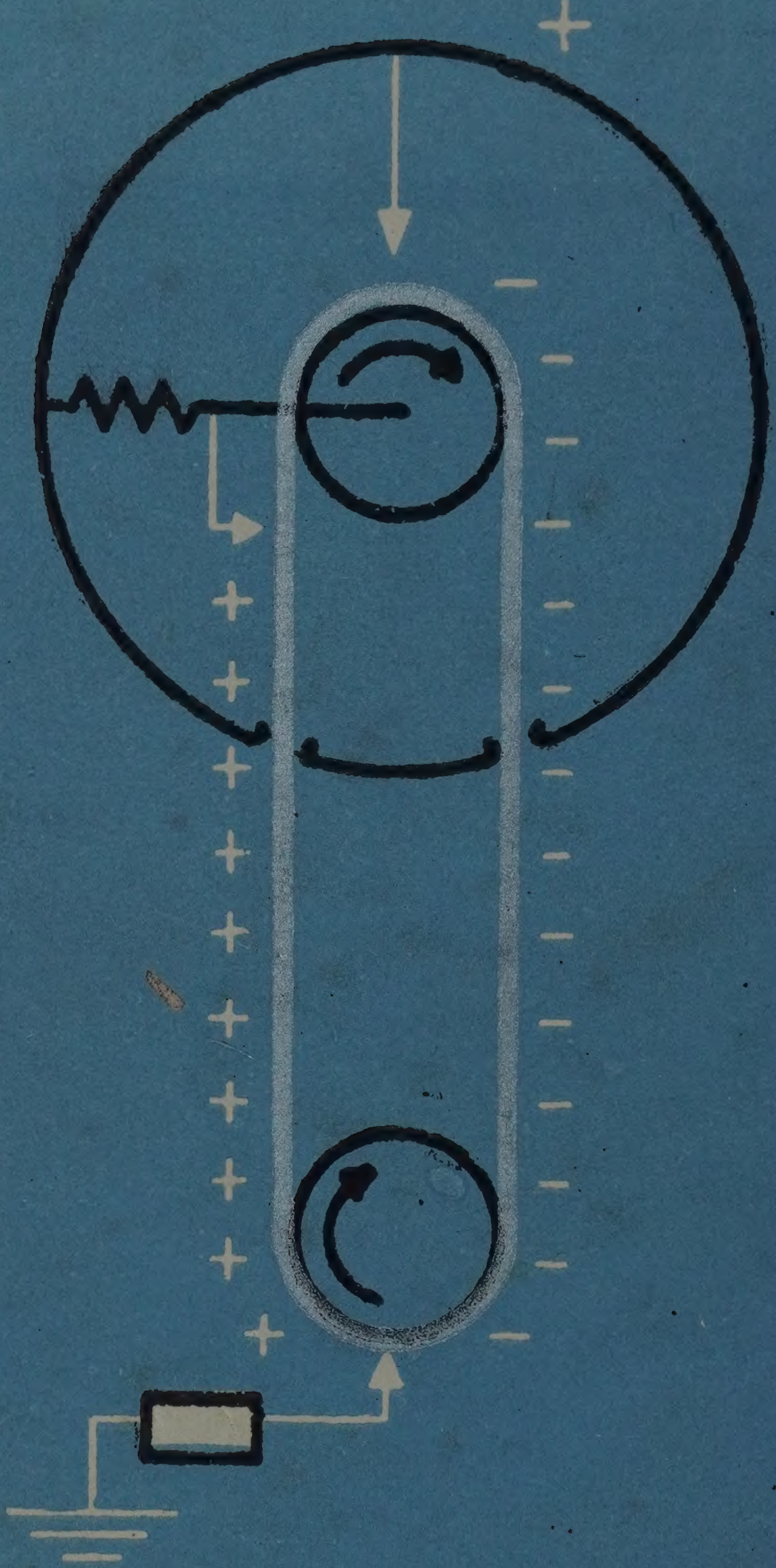
ಭೂಮಿತಿ	Geometry
ಮಂದಿರ (ಕೋಷ್ಠ)	Chamber
ಮೂತಿ	Nozzle
ಮೇಳೈಸು	Synchronise
ಯಾದೃಚ್ಛಿಕ	Random
ರಕ್ತಾತೀತ	Infra-red
ವಾಹಕಗೋಲ	Conducting sphere
ವಿದ್ಯುಚ್ಚಾಲಕ	Motor
ವಿದ್ಯುದ್ವಿಭವ	Electric Potential
ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣ	Electric charge
ವಿದ್ಯುದ್ವಿಸರ್ಜನೆ	Electric Discharge
ವಿಭವಾಂತರ	Potential Difference
ವಿದ್ಯಮಾನ	Phenomenon
ವಿದ್ಯುದಾಗ್ರ	Electrode
ವಿದ್ಯುಜ್ಜನಕ	Generator
ವಿದ್ಯುತ್ಪೂರಣವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವಿಕೆ	Charge changing
ವಿಪರ್ಯಯ	Inverse
ವಿಘಟಿಸು	Disintegrate
ವಿಭವಶೃಂಗ	Peak Potential
ವಿಕರ್ಷಿಸು	Repel
ವಿಕಿರಣ	Radiation
ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಕ	Accelerator
ವೇಗಾಪಕರ್ಷ	Deceleration
ಶಲಾಕೆ	Beam
ಶಬ್ದಾತೀತ ಪ್ರವಾಹ	Supersonic flow
ಸಂಗ್ರಾಹಕ	Condenser
ಸಂಖ್ಯಾತ್ಮಕವಾಗಿ	Numerically

ಸಮಸ್ಥಾನಿ	Isotope
ಸದೃಶ	Similar
ಸಹಾಯಕ ಕೋಷ್ಠ	Auxiliary chamber
ಸರಣಿಯಲ್ಲಿ	In Series
ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ	Conventional
ಸಾಪೇಕ್ಷೀಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ	Relativistic Mass
ಸಾಪೇಕ್ಷೀಯ ವೇಗ	Relativistic Speed
ಸ್ಥಾಯಿ ವಿದ್ಯುತ್	Static electricity
ಸ್ಥಿರ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ	Rest Mass
ಸ್ಥಿರಾವಸ್ಥೆ ಕಕ್ಷೆ	Phase stable orbit
ಸುರುಳಿಯಾಕಾರದ	Spiral

ಒಪ್ಪೋಲೆ

ಪುಟ	ಸಾಲು	ತಪ್ಪು	ಒಪ್ಪು
3	13	ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುತ್ತದೆ	ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುತ್ತದೆಂದು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.
9	3	ಆಕಾರವೊಂದರ	ಆಕರವೊಂದರ
13	16	DO	DD
19	11–12	ಶಲಾಕೆಗಳನ್ನು	ಶಲಾಕೆಗಳು
19	24	ಅದು	ಅದರಿಂದ
22	15	ಆಕಾರಗಳನ್ನು	ಆಕರಗಳನ್ನು
28	12	$\sqrt{2:1}$	$\sqrt{2}:1$
38	12	ವಿಲಿಂಗಸ್ಟನ್	ಲಿವಿಂಗಸ್ಟನ್
38	21	ವಿಲಿಂಗಸ್ಟನ್	ಲಿವಿಂಗಸ್ಟನ್
39	20	ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟು	ಸ್ಥಾಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ
53	23	19. 7	1957
61	21	$\frac{1}{2400}$	$\frac{1}{240}$
62	1	$\frac{1}{2400}$	$\frac{1}{240}$
88	1	ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು	ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ
99	10	0^{-13} cm	10^{-13} cm

Published by the Text-Book Directorate of the Institute of Kannada Studies, under the centrally sponsored Scheme for the Production of Books and Literature in Regional Languages, Government of India. Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.



ರಜತವರ್ಷದ ಪ್ರಕಟನೆ